



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



## **RESIDENCIA PROFESIONAL**

**DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE  
DATOS DE MACROMEDIDORES PARA REDES DE AGUA POTABLE.**

**INGENIERIA ELECTRONICA**

**NOMBRE DEL ALUMNO:**

**OSCAR HERNÁNDEZ CRUZ**

**ASESORES:**

**DOC. HÉCTOR RICARDO HERNÁNDEZ DE LEÓN      *ASESOR INTERNO.***

**ING. JAIME CESAR AGUILAR ABADÍA      *ASESOR EXTERNO.***

**EMPRESA DONDE SE REALIZO LA RESIDENCIA:**

**SISTEMA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE**

**Y ALCANTARILLADO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**PERIODO: AGOSTO -DICIEMBRE 2011.**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 05 DE DICIEMBRE DEL 2011**

INDICE	PAG.
<b>CAPITULO 1. Introducción-----</b>	<b>3</b>
1.1 antecedentes-----	4
1.2 Planteamiento del problema-----	5
1.3 Alternativa de solución-----	5
1.4 Justificación-----	5
1.5 Objetivos-----	6
1.5.1 objetivo general-----	6
1.5.2 objetivos específicos-----	6
1.6 Alcances y limitaciones-----	6
1.6.1 alcances-----	6
1.6.2 limitaciones-----	7
<b>CAPITULO 2. Fundamentos teóricos-----</b>	<b>8</b>
2.1 Macromedidores de caudal electromagnéticos-----	9
2.2 Sistema de adquisición de datos-----	10
2.3 Convertidor analógico- digital (ADC) -----	11
2.4 Lazo de corriente de 4-20mA-----	13
2.5 Componentes del lazo de corriente de 4-20mA-----	13
2.5.1 Transmisor 4-20mA-----	14
2.5.2 Receptor 4-20 mA-----	15
2.6 Convertidor de corriente a voltaje-----	16
2.7 Circuito convertidor de corriente a voltaje (RCV420) -----	17
2.8 Microcontroladores-----	18
2.9 Lenguaje de programación-----	19

2.10	Dispositivos de almacenamiento de datos-----	19
2.11	Comunicación RS232-----	21
2.12	Conexión de un microcontrolador al puerto serie de una PC-----	21
2.13	El conector DB9 del PC-----	22
2.14	El chip MAX232-----	22
	<b>CAPITULO 3. Metodología-----</b>	<b>23</b>
3.1	Punto de partida (diagrama a bloques) -----	24
3.2	Diseño del circuito de acondicionamiento de señal de 4-20mA a 0-5-----	25
3.3	Programación y diseño del circuito del microcontrolador PIC 18F4520--	29
3.4	Diseño de la memoria EEPROM 24LC64-----	33
3.5	Programación y diseño de la comunicación a utilizar RS232-----	34
3.6	Diseño de la fuente de alimentación-----	37
3.7	Simulaciones-----	38
	<b>CAPITULO 4. Resultados y prototipos-----</b>	<b>41</b>
4.1	Prototipos-----	42
4.2	Resultados-----	44
	<b>Conclusión-----</b>	<b>48</b>
	<b>Referencias bibliográficas y virtuales-----</b>	<b>49</b>
	<b>Anexos-----</b>	<b>50</b>

# **CAPITULO I. INTRODUCCION**

## 1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años en los sistemas de abastecimiento de agua, además de los conceptos de cobertura, calidad, continuidad, cantidad y costos se ha dado énfasis a los problemas relacionados con el uso eficiente del agua como así como las pérdidas de dinero en el sistema comercial por deficiencias en los sistemas de facturación, cobro y recaudación.

En los sistemas de agua son frecuentes las pérdidas en los diferentes componentes que corresponden a los volúmenes de agua de captación, tratamiento, conducción, almacenamiento y distribución, bien sea, por fugas visibles y no visibles, reboses, volúmenes utilizados en los procesos de tratamiento, conexiones y sustracciones clandestinas de agua de los sistemas.

Debido a los errores de medición que causan un desequilibrio en la evaluación de las cantidades de agua en la red de distribución, con el sistema de monitoreo de los macromedidores se tiene la posibilidad de tener un historial y poder hacer proyecciones en base a los datos guardados.

Si bien se puede hacer un monitoreo cada día o semanal de una o varias variables podría hacerse en forma manual.

El sistema municipal de agua potable hoy en día cuenta con un sistema de guardado de datos por medio de un datalogger de fabrica, pero a su vez este datalogger presenta problemas de comunicación con la PC, alto costo en el mercado y corto tiempo de vida.

La dificultad que se presentan para la captura de datos nos lleva a buscar un sistema de diseño propio, que facilite la recaudación de información. Dentro de este procedimiento esta en diseñar una alternativa para muestrear en forma automática por medio de diferentes transmisores y con ayuda de software diseñados para desarrollar un programa que tenga la posibilidad de transmisión

de datos desde el dispositivo que lo almacena hasta transferirlos hacia la PC mediante el puerto serial.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa SMAPA, actualmente tiene varios distritos hidrométricos y en cada uno de ellos, tiene instalado un medidor de caudal, en estos medidores se observa la cantidad de agua que está pasando por unidad de tiempo y la cantidad de agua acumulada durante un periodo de tiempo, igualmente utilizan datalogger o sistemas de adquisición de datos para hacer proyecciones financieras, en torno a la cantidad de agua que paso por el medidores la es la cantidad de dinero que tienen que recuperar.

El datalogger que manejan es muy bueno pero presenta ciertos problemas uno de ellos en el tiempo de vida de la batería que una vez que se agota, ya no se puede reemplazar, dicho equipo viene sellado con un material que es imposible abrirlo sin dañar los componentes con los que cuenta. Otro problema importante sería el costo ya que oscila entre los \$5000.000 MXN. Por estos problemas antes mencionados la empresa SMAPA está en busca de soluciones a su problema de obtención de información de los medidores de agua.

## **1.3 ALTERNATIVA DE SOLUCION**

La alternativa que se presenta es hacer un diseño propio en base a microcontroladores PIC, una memoria para guardar los datos, convertir la corriente que me entrega el medidor de caudal y convertirlo en voltaje, diseñar y construir la comunicación que va a enviar los datos guardados de la memoria a la PC y desde ahí SMAPA pueda hacer proyecciones de los datos guardados.

## **1.4 JUSTIFICACION**

Este proyecto se justifica de varias formas una y la más importante es que barato oscilando entre los \$1000.000 MXN y \$1,200.000 MXN. Otra es que los componentes a utilizar los encontramos rápidamente, además no presentara problemas de alimentación y con este diseño propio SMAPA puede hacer sus proyecciones financieras igualmente o mejor que con el Datalogger de fabrica.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un sistema de adquisición de datos (Data Logger) capaz de almacenar y enviar los datos obtenidos de los medidores de caudal a la PC, para facilitar el monitoreo de las variables características principales del agua en una red de distribución basado en los distritos hidrométricos

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diseño del circuito de acondicionamiento de señal la cual se obtiene de la salida de los medidores que presentan en su salida 4-20 mA y esta corriente se convierte en voltaje mediante un arreglo de opam, capacitores y resistencias.
- Programación y diseño de la tarjeta del Pic 18f4520
- Programación de la memoria EEPROM 24LC64
- Programación y diseño de la comunicación con la PC, utilizando la comunicación RS232.
- Diseño de la fuente de alimentación de 5V para el PIC Y +-15 V para el convertidor de corriente a voltaje.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.6.1 Alcances**

Con la ejecución de este proyecto se beneficiará al Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA) de Tuxtla Gutiérrez para tener un equilibrio en la evaluación de las cantidades de agua en la red de distribución.

El proyecto se realizo de una manera alambica, transfiriendo los datos a la PC por medio de la comunicación RS232; pero después se podría implementar partiendo de lo que ya tenemos hacerlo inalámbrica, esto es utilizando xbee o transfiriendo los datos por telemetría.

### **1.6.2 Limitaciones**

El tiempo que se tiene para hacer el proyecto podría ser una limitación, los materiales a usar, en caso que no se consiguieran en la ciudad mandarlos a pedir a otra ciudad y nos demoraríamos un poco en traerlos.



# **CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEORICOS**

## 2.1 MACROMEDIDORES DE CAUDAL ELECTROMAGNÉTICOS



Figura 2.1 Medidores de caudal MC308C

Su principio de medida está basado en la **Ley** de Faraday, la cual expresa que al pasar un fluido conductor a través de un campo magnético, se produce una fuerza electromagnética (F.E.M.), directamente proporcional a la velocidad del mismo, de donde se puede deducir también el caudal.

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante. Sobre dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida. En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.

El flujo completamente sin obstrucciones es una de las ventajas de este medidor. El fluido debe ser ligeramente conductor debido a que el medidor opera bajo el principio de que cuando un conductor en movimiento corta un campo magnético, se induce un voltaje.

Los componentes principales incluyen un tubo con un material no conductor, dos bobinas electromagnéticas y dos electrodos, alejados uno del otro, montados a  $180^\circ$  en la pared del tubo. Los electrodos detectan el voltaje generado en el fluido. Puesto que el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad del fluido, una mayor velocidad de flujo genera un voltaje mayor. Su salida es completamente independiente de la temperatura, viscosidad, gravedad específica o turbulencia. Los tamaños existentes en el mercado van desde 5 mm hasta varios metros de diámetro

## Características de los medidores de caudal

**Instalación:** Cañerías ¾" a 40".

**Exactitud:** 0,5% de la lectura.

**Construcción:** Bridados, Wafer, Sanitarios, Roscados, en Acero Inoxidable AISI 316, Electrodo de Titanio, Hastelloy C o Ac.

Inox. AISI 316, Revestimiento interno de PVC, Cerámica, Polipropileno.

**Alimentación:** 220/110 VCA (Opcional: 24 V CA ó 24 V CC).

**Salidas:** analógica de 4 a 20 mA, digital 0 a 5000 Hz.

**Exactitud:** ± 1% de la lectura.

**Apto:** hasta 180°C, 300 bar. Unidad electrónica: Intrínsecamente Segura.

**Sensor:** NEMA 4, IP 65.

**Versiones / Opciones:**

1-Bridado para Atmósferas Explosivas.

2-Aplicaciones Sanitarias.

3-Microcaudalímetro para tuberías de 2 mm a 12 mm.

4-Aplicaciones altamente corrosivas y altas temperaturas.

5-Equipos Wafer.

## 2.2 SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

Los sistemas de adquisición de datos, se encargan de tomar un conjunto de variables físicas y convertirlas a señales eléctricas, para medir sus cantidades (voltajes, resistencias, frecuencia) y utilizarlas posteriormente en algún proceso. La adquisición de datos puede ser tanto analógica como digital. Un sistema analógico se define como una función del tiempo. Los sistemas digitales manejan datos en forma digital, ya sea por pulsos discretos y discontinuos. Un sistema de adquisición de datos analógico consta de los siguientes elementos:

- **Transductor:** Convierte una variable física en una señal eléctrica.
- **Acondicionador de Señales:** para amplificación, modificación y selección de partes de las señales.
- **Dispositivos de presentación visual:** para hacer el monitoreo de la señal de entrada.
- **Instrumentos de registro de gráficas:** permite llevar un registro de los datos de entrada.
- **Instrumentación en cinta magnética:** Permite guardar y conservar la forma eléctrica original para su posterior análisis

Un sistema de adquisición de datos digital incluye alguno o todos los elementos mostrados en la siguiente imagen, Figura 2

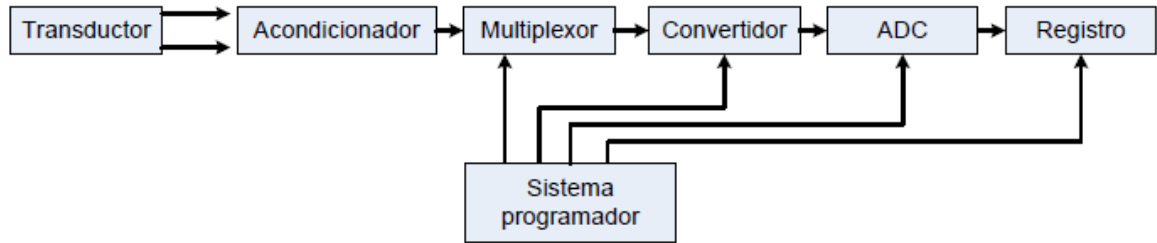


Figura 2.2 Elementos del sistema de adquisición de datos digital

- **Transductor:** Convierte una variable física en una señal eléctrica.
- **Acondicionador de Señales:** para amplificación, modificación y selección de partes de las señales.
- **Multiplexor:** Acepta múltiples señales analógicas y las conecta secuencialmente en el instrumento de medición.
- **Convertidor:** Transforma la señal analógica en una forma aceptable para el convertidor analógico-digital.
- **ADC:** Convertidor analógico-digital, que convierte una señal de voltaje en un dato digital.
- **Registro:** almacena los datos arrojados por el ADC para un proceso posterior.
- **Sistema programador:** controla diversas partes dentro del sistema de adquisición de datos.

Los sistemas de adquisición analógicos se utilizan cuando se requiere trabajar con un ancho de banda amplio y cuando se puede tolerar un margen de error en la exactitud. Los sistemas digitales en cambio se utilizan cuando se requiere de exactitud alta y bajo costo por canal.

### 2.3 CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL (ADC)

En gran cantidad de sistemas electrónicos resulta conveniente efectuar las funciones de regulación y control automático de sistemas mediante técnicas digitales, sin embargo son muchos los casos en que la señal que se ocupa este solo en formato analógico, por lo que es necesario realizar su conversión analógica a digital, además una señal digital es menos susceptible a distorsión producida por las imperfecciones en el sistema de transmisión. El convertidor analógico-digital es un circuito electrónico que convierte una señal continua como un voltaje o resistencia a un valor digital, como el código binario, código grey o complemento dos. Previo al convertidor analógico-digital suele existir toda una etapa para adecuar la señal analógica al rango de operación del convertidor.

Los convertidores analógico-digitales poseen varias características que los diferencian entre sí para el tipo de aplicación en que sean más útiles. Estas

características son: Resolución, tipo de respuesta ya sea linear o no linear, exactitud y rango de muestreo.

La resolución de un convertidor indica la cantidad de valores discretos que pueden ser producidos a partir de un rango de valores analógicos. Los valores usualmente son almacenados en forma binaria, por lo que la resolución se expresa en bits, como consecuencia el número de valores discretos o niveles se expresa en una potencia de dos. Para un convertidor de 8-bits se puede codificar la entrada analógica en uno de 256 valores distintos, es decir  $2^8=256$  para un entero sin signo, o  $-128$  a  $127$  para un entero con signo. La resolución es igual a la amplitud del rango de voltaje total dividido por el número de intervalos discretos.

$$Q = \frac{V_T}{2^M} = \frac{V_T}{N}$$

Donde Q es la resolución en muestras de voltaje,  $V_T$  es la amplitud del rango total de la señal de voltaje, M es la resolución del ADC y el número de intervalos disponibles estará dado por  $N=2^M$ . La mayoría de los convertidores analógico-digital son del tipo linear, a pesar que el proceso de conversión analógico-digital no sea un proceso linear. El término linear utilizado aquí significa que para un rango de valores de entrada corresponderá un rango de valores e salida con un relación linear a cada valor e salida. Los convertidores no lineales tienden a incrementar su rango dinámico de operación, por ejemplo para una señal de voz habrá regiones con niveles sumamente bajos o casi cero, que cargaran con mucha más información que las regiones con alta amplitud, en este caso un ADC no linear tendrá mayor resolución en regiones con amplitudes bajas y menor resolución en amplitudes altas.

Un ADC práctico no puede realizar la operación instantánea de conversión, el valor de entrada es sostenido durante un tiempo constante mientras se realiza la conversión (este tiempo es conocido como tiempo de conversión). Las entradas de circuitos denominadas simple and hold, realizan la tarea anterior, en algunos casos es un capacitor el que retiene el valor del voltaje analógico y usando un switch se desconecta el capacitor de la entrada. Entre las estructuras más comunes para la implementación de Convertidores Analógico-digital se encuentran: ADC de conversión directa o flash, ADC de aproximaciones sucesivas, ADC de comparación de rampa, ADC Sigma-delta. El convertidor flash contiene un banco de comparadores de rangos de voltaje alimentando algún circuito lógico que generará la codificación de cada rango de voltajes. Un convertidor de aproximaciones sucesivas, usa un comparador para dividir rangos de voltaje, hasta llegar a un rango de voltaje final; Este convertidor trabaja comparando constantemente la entrada de señal contra la salida de un convertidor digital-analógico. Un ADC comparador de rampa, compara constantemente una señal diente de sierra contra el nivel de voltaje de la señal de entrada; durante un tiempo establecido por un contador que arrojará el código digital de la señal de entrada. El convertidor sigma-delta realiza un sobre muestreo de la señal de

entrada por algún factor elevado, después filtra la banda de la señal deseada; La señal obtenida es convertida con un ADC tipo flash y la señal obtenida es realimentada y sustraída de la entrada por un filtro; Como características este convertidor reduce errores que se presentan en otros convertidores y aumenta la resolución a la salida.

## **2.4 LAZO DE CORRIENTE DE 4-20mA**

Al observar en un sistema de control en lazo cerrado, podemos encontrar que la entrada de este corresponde al valor deseado de la variable que se quiere controlar, ya sea temperatura, nivel de líquido, velocidad, etc.; La salida será el actuador que afectara el estado de la variable que se está controlando, y como retroalimentación será común encontrar sensores, que tomen el estado actual de la variable a controlar en el sistema. El tipo de sensor depende de la variable que se controla, la exactitud de la medición, la frecuencia de medición y el tipo de salida que el sensor utilice, para presentar los datos al controlador.

Dependiendo del tipo de sensor que se maneje se obtendrá un tipo de señal a su salida. Cuando la salida del sensor es analógica, es típico encontrarla en rangos de voltaje o en rangos de corriente, al tratar con señales analógicas de voltaje es común enfrentarse a ruidos inducidos en la señal y caídas de voltaje, sobre todo al utilizarse en ambientes industriales. Sin embargo es posible minimizar el ruido aislando el cable por el que se transmite la señal, práctica que no es recomendable si se desea transmitir la señal a través de distancias muy largas.

La transmisión de señales analógicas a través de corriente reduce los errores producidos por la inducción de ruido en el voltaje. Cuando se manda una señal en corriente a través de distancias muy largas se produce una pérdida de voltaje proporcional a la longitud del cable, la cual no afecta a la magnitud de la corriente.

Un método común de transmisión de información de los sensores en muchos procesos industriales de monitoreo es el lazo de corriente de 4-20mA. La transmisión de una señal a través de distancias muy largas se hace necesaria cuando la variable o variables que se desean monitorear se encuentran distribuidas en distintos puntos del campo del que se lleva a cabo algún proceso de automatización, por ejemplo uno o varios tanques contenedores de agua, de los que se requiere saber el nivel de líquido y es necesario utilizar sensores a distancias de 20 metros.

## **2.5 COMPONENTES DE LAZO DE CORRIENTE DE 4-20mA**

Un circuito de lazo de corriente de 4-20mA, consta de por lo menos 4 elementos: un sensor/transductor, un convertidor de voltaje a corriente también llamado

transmisor o acondicionador de señal, una fuente de alimentación para el lazo, y un receptor/monitor. Figura 2.3 Componentes de un lazo de corriente.

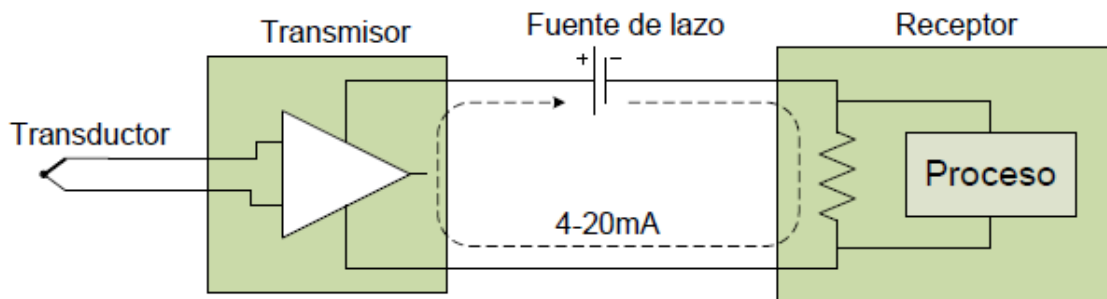


Figura 2.3 componentes de un lazo de corriente

Los sensores proveen una salida de voltaje cuyo valor representa la variable física que es medida (por ejemplo, un termopar es un tipo de sensor que provee un nivel de voltaje muy bajo a sus salida, que puede ser proporcional a la temperatura a la que es sometida). El transmisor amplifica y acondiciona la salida del sensor, luego convierte el voltaje a un nivel de corriente directa en un rango de 4-20mA, que circula en serie a través de un lazo cerrado.

El receptor/monitor, normalmente es una sección o parte de un medidor o sistema de adquisición de datos, que convierte la corriente entre 4- 20mA de regreso a voltaje, el cual podrá ser utilizado en algún proceso posterior.

La salida en el transmisor es de corriente y es proporcional a la variable física censada. Se establece que para un lazo de corriente de 4-20 mA: 4mA será la correspondencia a uno extremos de la variable física sensada y 20mA corresponde al extremo opuesto. La Figura 3-7 muestra un ejemplo, en este 0oC corresponden a 4 mA y 100oC corresponden a 20 mA.

### 2.5.1 Transmisor 4-20mA

Dependiendo de los elementos disponibles para energizar, tanto en el transmisor como en el receptor, será el tipo de clasificación que corresponda al lazo de corriente. Las figuras siguientes muestran los lazos de corriente básicos.

Tipo 2 (Figura 2.4): es un transmisor de 2 hilos, por los que se provee energía y se extrae la corriente proporcional a la variable censada. Se considera al transmisor como flotante, ya que la fuente de alimentación se encuentra en el receptor así como la señal de tierra. La fuente de alimentación opera de 5V a 30V y existe un consumo mínimo de 4mA correspondientes al valor inicial de la variable censada.

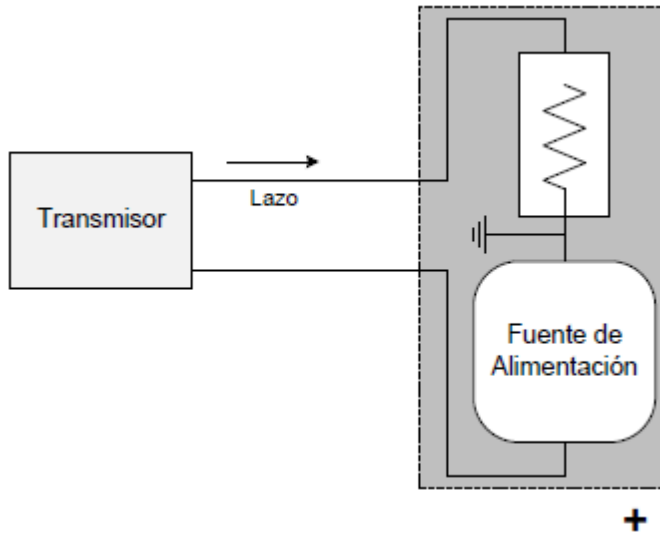


Figura 2.4 Transmisor 4-20mA Tipo 2

Tipo 3 (Figura 2.5): Es un transmisor de 3 hilos, en el que se alimenta al transmisor por un hilo adicional, otro hilo corresponde al lazo de corriente y el tercer hilo es común entre el transmisor, la fuente y el receptor. En este modo se obtiene una electrónica más simple en el transmisor, por el uso de un hilo adicional en las conexiones

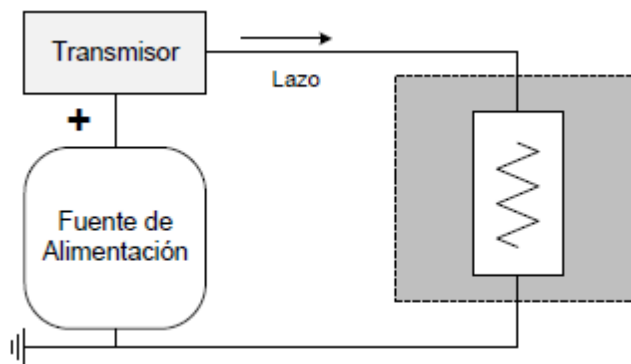


Figura 2.5 Transmisor 4-20mA Tipo 3

### 2.5.2 Receptor 4-20 mA

La parte receptora del lazo de corriente obtiene el nivel de lazo que se tiene y lo convierte en algún dato útil para su posterior utilización en el sistema.



Regularmente el receptor convierte el lazo en un equivalente a voltaje y este a su vez pasa por algún convertidor AD, que proporcione el dato digital. En la mayoría de los procesos, el receptor suele representar para el lazo una carga resistiva.

## 2.6 CONVERTIDOR DE CORRIENTE A VOLTAJE

Para recuperar un dato arrojado por el transmisor de lazo, es necesario que el receptor convierta el lazo a un valor equivalente de voltaje para utilizarlo en otros procesos por ejemplo un DAC para trabajar en con datos digitales.

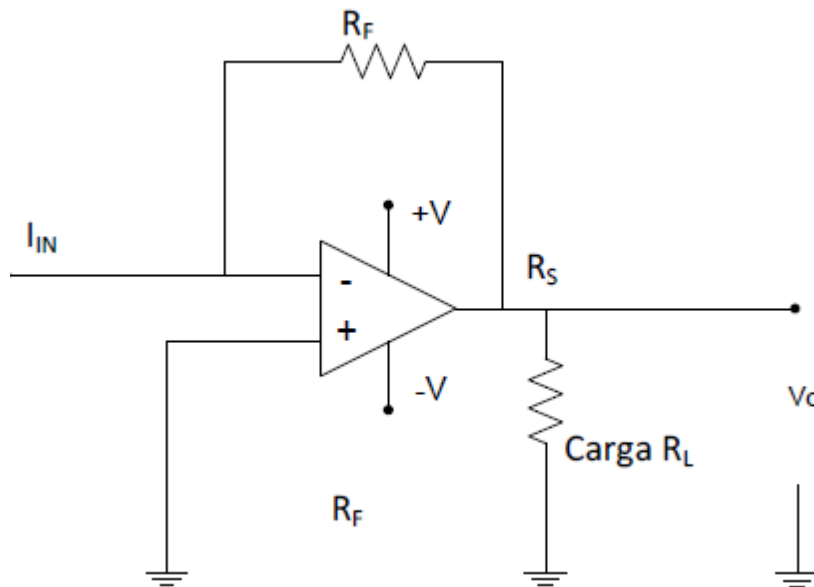


Figura 2.6 convertidor de corriente a voltaje con entrada flotada

En la Figura 2.6 se muestra un arreglo que actúa como un convertidor de corriente a voltaje, este dispositivo con resistencia de entrada igual a cero, resistencia de salida igual a cero y una razón  $V_O/I_i$  estable; se caracteriza como una fuente ideal de voltaje controlada por corriente. La función de transferencia para el circuito es:

$$I_O = -I_{IN}R_F$$

En el caso de que se tenga una señal de entrada como voltaje, será necesario conectar una resistencia de entrada para cambiar la variable de entrada.

Para evitar excesos de voltaje de compensación a la salida, en amplificadores de propósito general, la resistencia de retroalimentación  $R_F$  es por lo general de  $100K\Omega$ .

## 2.7 CIRCUITOS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA

La norma lazo de corriente de 4-20mA, tiene tiempo de considerarse un estándar, para procesos industriales, por lo que es común que fabricantes de circuitos desarrollen soluciones que facilitan la implementación del estándar y permitan flexibilidad al uso del mismo, para obtener un mayor beneficio. La variedad de fabricantes de circuitos es grande, basta con buscar para encontrar numerosas opciones. Aquí se mencionan dos circuitos que permiten generar un lazo de corriente, con la adición de algunos componentes extra.

Texas Instruments ha desarrollado circuitos para la implementación de lazos de corriente de 4-20mA, orientados al monitoreo con DSPs en lugar del uso de PLCs.

Las series de circuitos XTRxxx de TI son convertidores de precisión de voltaje a corriente, diseñados para la transmisión de señales analógicas; Dependiendo de circuito elegido se pueden aceptar señales de 1V o menos tales como los transductores, estos circuitos permite la linealización de la señal mediante la adición de pocos componentes externos sí así se requiere, existen otros circuitos de la misma familia que permiten la entrada de voltajes mayores. Esta familia de circuitos está orientada al desarrollo de sensores con salida 4-20mA (algunos ofrecen salidas mayores), por lo que es posible realizar sensores de acuerdo a las necesidades.

Como circuito receptor existe el RCV420 que es un receptor de precisión de lazo de corriente, diseñado para convertir una señal de entrada de 4-20mA en una señal de salida de 0-5V. El circuito puede operar en su manera más básica con una mínima cantidad de elementos.

Este tipo de circuitos son una opción si no se desea realizar una gran cantidad de etapas de acondicionamiento y si se requiere reducir espacio. Sin embargo el tipo de aplicación, es la que dicta el tipo de circuitos a utilizar.

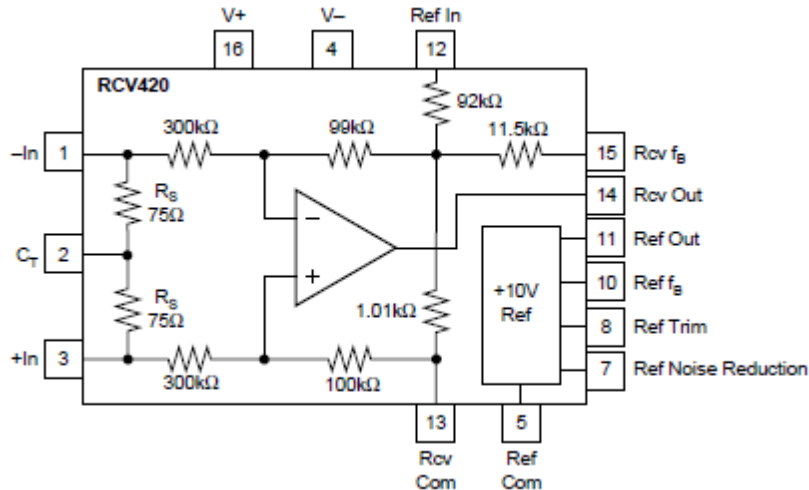


Figura 2.7 integrado RCV 420

## 2.8 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, que contiene los elementos necesarios de una computadora, se utilizan para controlar tareas determinadas; son computadoras dedicadas por lo que en su memoria solo se encuentra una serie de instrucciones (programa) con las que lleva a cabo su tarea. Suelen ser dispositivos en su mayoría digitales, con algunas entradas y salidas analógicas que le permiten soportar la comunicación con sensores y actuadores del dispositivo a controlar. Debido a su tamaño suelen estar presentes dentro del dispositivo que controlan.

Estos dispositivos digitales, se hacen presentes cada vez más para la supervisión, administración, monitoreo y control de varios procesos en la industria, comunicaciones, electrodomésticos y otras áreas de aplicación.

Un microcontrolador posee todos los elementos de una computadora, pero con características fijas que no pueden alterarse. La Figura 2.8 muestra los elementos principales de un microcontrolador comunicados entre sí un bus de datos. Los elementos principales de un microcontrolador se enlistan como sigue:

- Procesador
- Elementos de Entrada/Salida :
  - o Comunicación en paralelo
  - o Comunicación serial
  - o Convertidores AD y DA
- Elementos de memoria
- Elementos de la unidad de control

- Elementos auxiliares:
  - o Oscilador
  - o Temporizadores
  - o Watchdog
  - o Interrupciones
  - o Estados de bajo consumo
  - o Comparadores analógicos

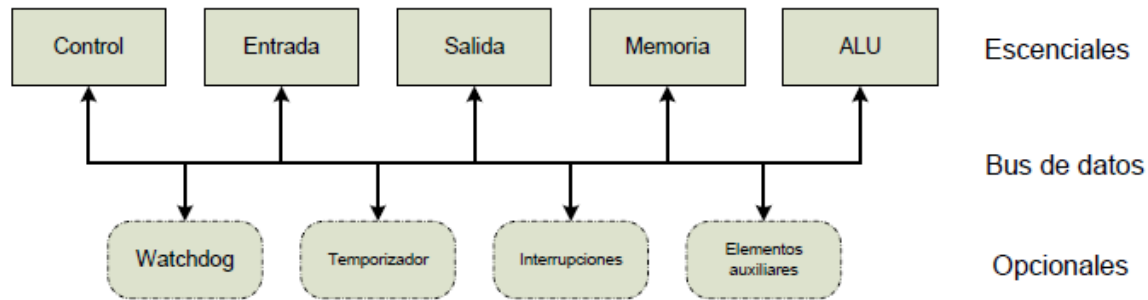


Figura 2.8 Elementos esenciales y opcionales de un microcontrolador

## 2.9 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El desarrollo de proyectos con microcontroladores exige un trabajo continuo con el hardware para adaptar el circuito microcontrolador al resto de los dispositivos externos que hay que controlar. También requiere del diseño de un programa con las instrucciones precisas para que su ejecución origine el proceso de información para obtener los resultados deseados. Los lenguajes comunes utilizados para la construcción de programas en microcontroladores son: el lenguaje ensamblador y el lenguaje C

## 2.10 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

Como su nombre lo indica, almacena datos temporales o para siempre, dependiendo de que memoria se utilice.

Memoria borrable EEPROM 24LC64

El 24xx64 soporta un bus bidireccional de 2 cables y el protocolo de transmisión de datos. Un dispositivo que envía datos en el bus es definido como un transmisor, y un dispositivo que recibe datos como un receptor. El bus debe ser controlado por

un dispositivo maestro que genera el reloj serie (SCL), controla el acceso de bus, y genera las condiciones de START y STOP mientras el 24xx64 trabaja como un esclavo. Tanto el maestro como el esclavo pueden funcionar como un transmisor o receptor pero el dispositivo maestro determina cual modo es activado



Figura 2.9 memoria EEPROM borrable

El pic y la EEPROM se comunican entre sí, mediante el bus I<sup>2</sup>C, el cual se trata de un bus de comunicaciones serie, formado por dos líneas: una para los datos y otra para el reloj. Como ya debe saber, este sistema de comunicación permite la intercomunicación de hasta 114 dispositivos en una misma red, aunque en ciertos casos se puede llegar a los 127 dispositivos.

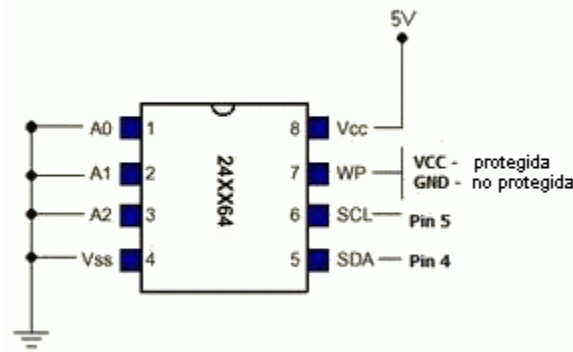


Figura 2.10 pines de conexión de la memoria 24LC64

Pin #	Description	Connect to
1	Address 0	High for 1, Low for 0
2	Address 1	High for 1, Low for 0
3	Address 2	High for 1, Low for 0
4	Ground	Ground
5	SDA	Arduino Pin 4, pull up to 5V via 1K resistor
6	SDL	Arduino Pin 5, pull up to 5V via 1K resistor
7	Write Protect	Low to enable write, High to disable write
8	Supply Voltage	5V

Figura 2.11 Descripción de los pines de la memoria 24LC64

El pin 7 (WP) puede ser conectado a Vss, Vcc o dejarlo flotando. Una resistencia interna lo polariza a masa, este pin mantendrá el dispositivo en el estado de no protección, al dejarlo flotando. Así pues, de ser conectado a VCC, las operaciones de escritura son inhibidas. Las operaciones de lectura no se ven afectadas. Por lo tanto, al ser conectado a Vss, permitirá la operación de memoria normal (lectura/escritura, la memoria entera 0000-1FFF).

En definitiva los pines 3, 2 y 1 determinan la dirección del chip; I<sup>2</sup>C utiliza las direcciones de 7 bits + 1 bit de control. Para simplificar, si conecta los tres pines a masa, le dará la dirección 1010000, o en hex 0x50, que corresponden a los 7 bits (MSB) más significativos, el bit 0 no debe preocuparnos, lo genera la misma orden de lectura/escritura.

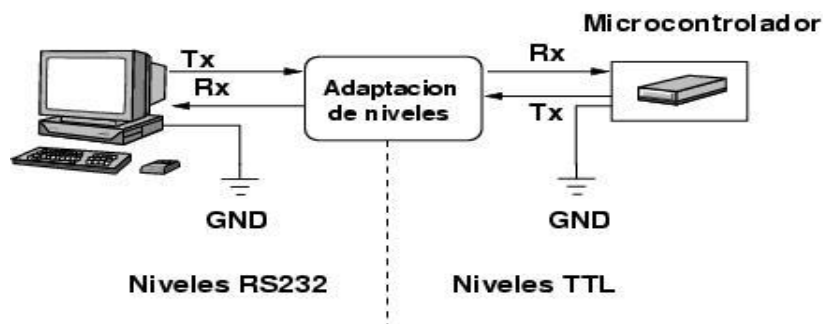
### 2.11 Comunicación RS232

Una manera de conectar dos dispositivos es mediante comunicaciones serie asíncronas. En ellas los bits de datos se transmiten "en serie" (uno de tras de otro) y cada dispositivo realiza tiene su propio reloj. Previamente se ha acordado que ambos dispositivos transmitirán datos a la misma velocidad.

La Norma RS-232 fue definida para conectar un ordenador a un modem. Además de transmitirse los datos de una forma serie asíncrona son necesarias una serie de señales adicionales, que se definen en la norma. Las tensiones empleadas están comprendidas entre +15/-15 voltios.

### 2.12 CONEXIÓN DEL MICROCONTROLADOR AL PUERTO SERIE DEL PC

Para conectar el PC a un microcontrolador por el puerto serie se utilizan las señales Tx, Rx y GND. El PC utiliza la norma RS232, por lo que los niveles de tensión de los pines están comprendidos entre +15 y -15 voltios. Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL (0-5v). Es necesario por tanto intercalar un circuito que adapte los niveles: Uno de estos circuitos, que se utiliza mucho, es el MAX232.



Figuran 2.12 comunicaciones entre la PC y el microcontrolador

## 2.13 EL CONECTOR DB9 DEL PC

En los PCs hay **conectores DB9 macho**, de 9 pines, por el que se conectan los dispositivos al puerto serie. Los conectores hembra que se enchufan tienen una colocación de pines diferente, de manera que se conectan el pin 1 del macho con el pin 1 del hembra, el pin2 con el 2, etc...

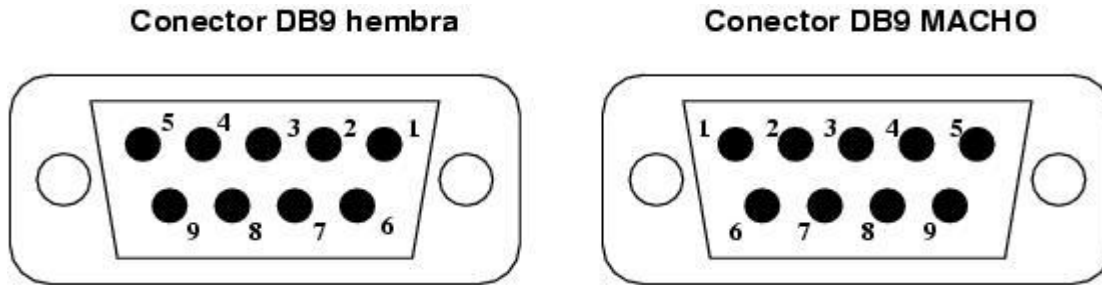


Figura 2.13 conectores para la comunicación serial

## 2.14 EL CHIP MAX 232

Este chip permite adaptar los niveles RS232 y TTL, permitiendo conectar un PC con un microcontrolador. Sólo es necesario este chip y 4 condensadores electrolíticos de 22 micro-faradios. El esquema es el siguiente:

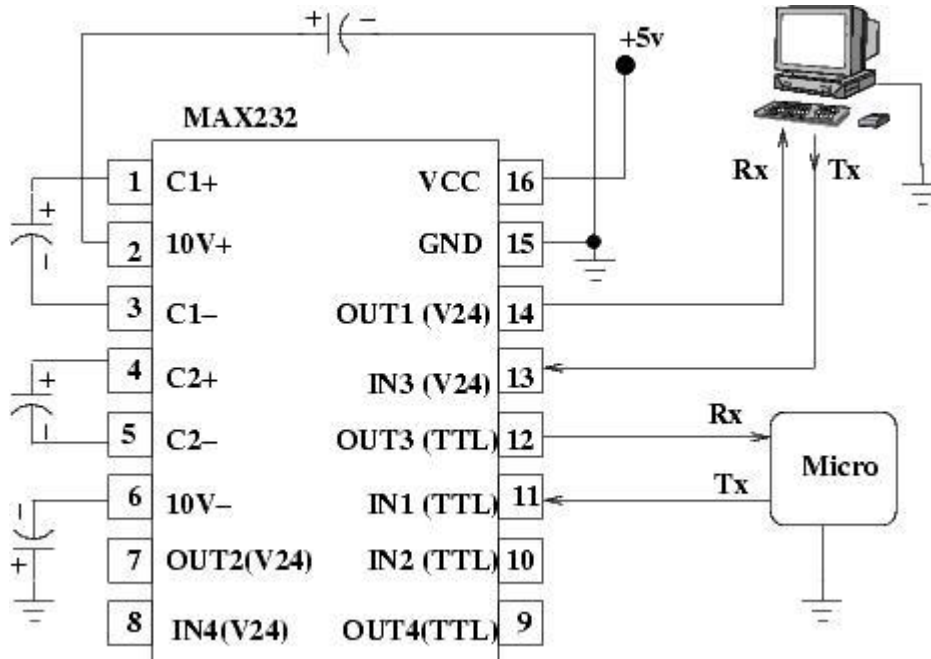


Figura 2.14 Integrado MAX 232

# **CAPITULO III. METODOLOGIA**



### 3.1 PUNTO DE PARTIDA (DIAGRAMA A BLOQUES)

Para la creación del sistema de adquisición de datos partimos de que al saber que SMAPA tiene medidores de agua instalados en los distritos hidrométricos y estos a su vez mide la cantidad de agua que está pasando por unidad de tiempo y el acumulado a partir de la un largo periodo de tiempo. Pero estos datos acumulados no se pueden guardar porque el medidor solamente tiene la función de incrementar y no de guardar instantes de tiempo donde me diga, a tales horas, minutos o segundos pasaron tantos litros o tantos metros cúbicos; es por eso que se propuso implementar el sistema que vemos en el diagrama a bloques de la figura 3.1

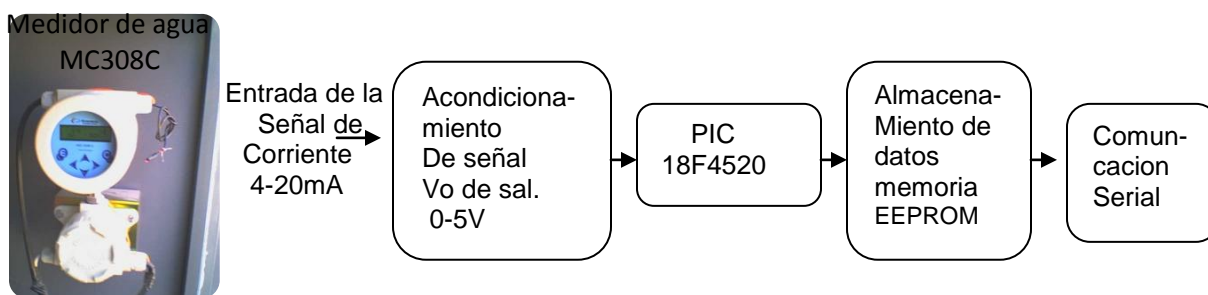


Figura 3.1 diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos

En la figura 13 en primer lugar tenemos el medidor de agua que está instalado en un distrito hidrométrico propiedad de SMAPA. Este medidor como vemos es el MC308, en el cual vemos a la derecha que tiene unos cables, en estos cables tenemos una salida de corriente de 4-20mA; esta corriente hay que aplicarle un acondicionamiento para convertirlo a voltaje estándar, voltaje que va a aceptar el PIC 18F4520 elegido, por su alta capacidad y por ser compatible con la memoria 24LC64 que usaremos para guardar los datos. El pic recibirá una señal ya convertida de 0-5V y la va a interpretar de acuerdo a como se programe.

Por otro lado almacenaremos los datos que va a estar mandando el medidor MC308C mediante corriente y su conversión a voltaje. Elegimos la memoria 24LC64 ya que es una memoria que vimos que la utilizan mucho, por su alta capacidad y además porque no consume mucha energía.

Y ultimo para que se puedan ver los datos desde la PC, se implemento un código de MATLAB, el cual está elaborado con comunicación RS232 utilizando el conector DB9 y el MAX 232 para hacer la conversión a TTL. Gracias a la comunicación RS232 se descargarán los datos a la PC para hacer balances entorno a los datos guardados.

### 3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE 4-20mA A 0-5 V

En primera instancia elaboro un circuito que convirtiera la corriente de 4 -20mA entregada por el medidor de caudal a 0 - 5 volts, para poder ingresar esa señal directamente a la entrada RA0 del PIC. El circuito como vemos esta elaborado de 8 resistencias de 10K $\Omega$  de precisión, 1 potenciómetro multivuelta de 9411.76  $\Omega$  y de 3 amplificadores operacionales LM741 o cualquier otro con ganancia infinita o bien amplificadores de precisión. Dicho circuito lo podemos observar en la figura3.2

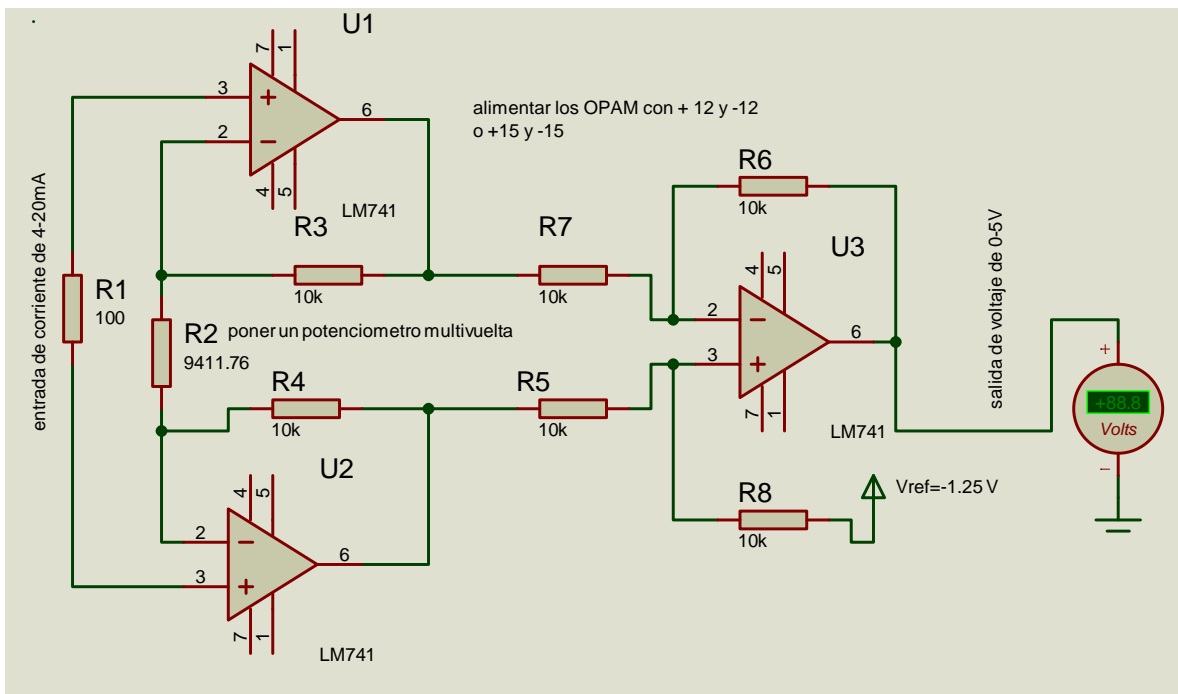


Figura 3.2 diagrama simulado en proteus de un convertidor de corriente a voltaje

Los resultados de la simulación lo podemos observar en la tabla 3.1, en la cual vemos que si es lo que buscamos, las entradas de corriente a su salida se convierte en voltaje y esos valores son los que buscamos.

Corriente de entrada	Voltaje de salida
4 mA	0V
20 mA	5V

Tabla 3.1 resultados de la simulación del convertidor

En la práctica se tuvo unos problemas, ya que las resistencias no eran idénticas y los amplificadores presentaban ganancias muy diferentes. Por lo cual tuvimos variaciones en la salida, que ya no concordaba con lo que dio en la simulación. Los resultados de lo que se presentó en la práctica lo podemos ver en la tabla 3.2

Corriente de entrada	Voltaje de salida
4 mA	900mV
20 mA	8.5V

Tabla 3.2 resultados del convertidor en la practica

En base a los resultados mostrados en la tabla 3.2, decidimos no implementar dicho circuito, ya que aunque en la simulación si cumplía con los estándares establecidos, en la práctica no teníamos los resultados esperados.

Entonces al estar investigando como le podíamos hacer para convertir la corriente a voltaje, dimos con unos integrados de fábrica, los cuales convierten corriente de 4-20mA

A voltaje de 0-5 V; estos integrados son un poco caros, pero son precisos.

Dichos integrados son los RCV420 de la empresa BURR-BROWN.

En la figura 3.3 podemos ver el diagrama que presenta el RCV420, el cual ya viene así como se ve en la figura de fabrica con sus resistencias perfectamente calibradas, un amplificador de instrumentación y una referencia en voltaje de +10V.

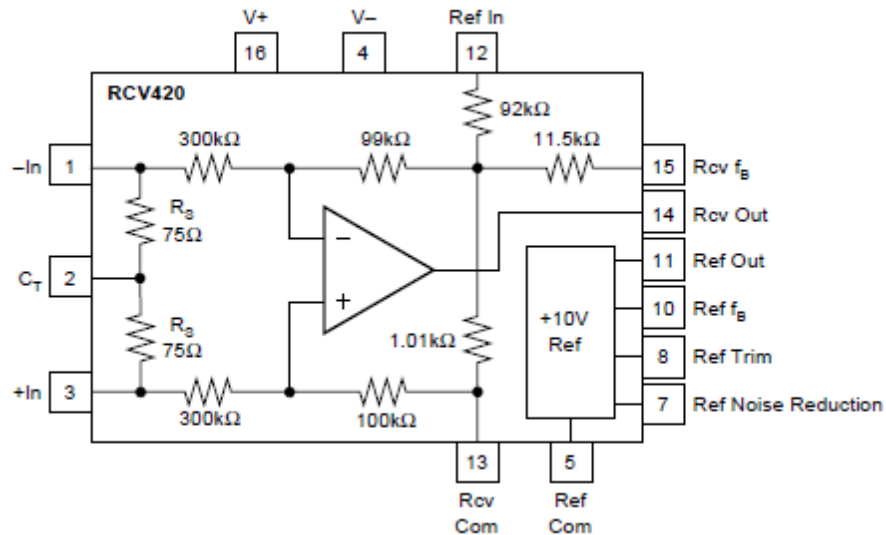


Figura 3.3 CHIP RCV420

Entonces implementado el RCV420, para nuestro propósito de conversión, nos queda como se ve en la figura 3.4

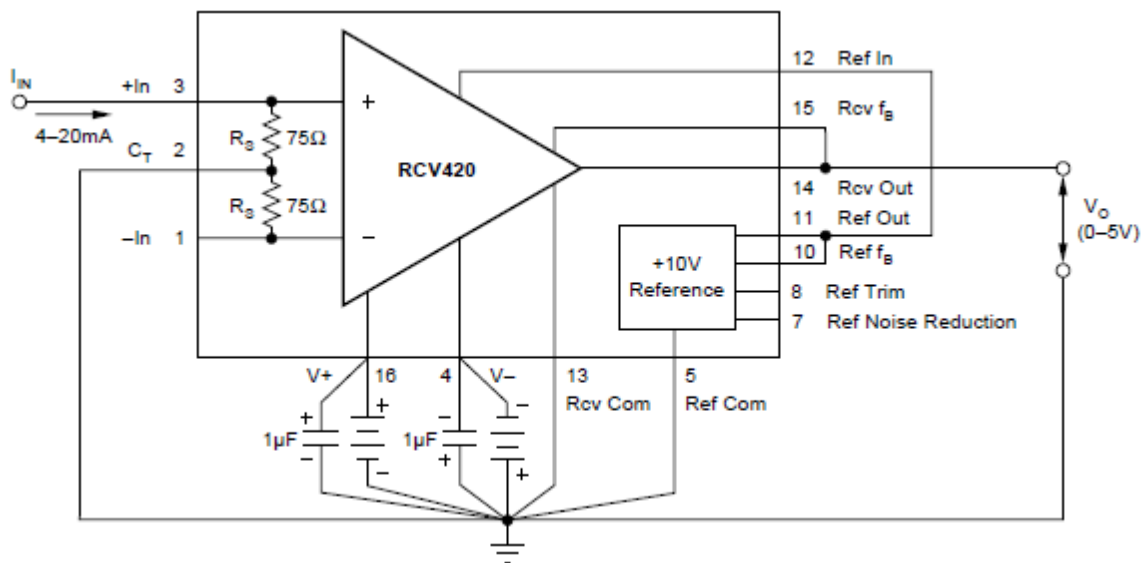


Figura 3.4 circuito RCV implementado para una salida de 0-5V, debida a la corriente de entrada 4-20mA

Implementamos el circuito RCV420 únicamente agregándole dos capacitores en paralelo con la fuente simétrica, tal como se ve en la figura, los resultados fueron satisfactorios al mostrarse en la salida los siguientes valores mostrados en la tabla 3.3

Corriente de entrada	Voltaje de salida
4 mA	0V
20 mA	5V

Tabla 3.3 resultados de la implementación del RCV420

Vemos en la tabla 3.3 que los valores son satisfactorios por lo cual se procedió a hacer el pcb y posteriormente a hacer el circuito en placa.

Como se puede notar en la Figura 3.5 y 3.6 se puede observa el circuito electronico del convertidor de corriente a voltaje diseñado con ayuda del programa PCB WIZARD la cual es un software muy eficiente para el diseño de Circuitos Impresos.

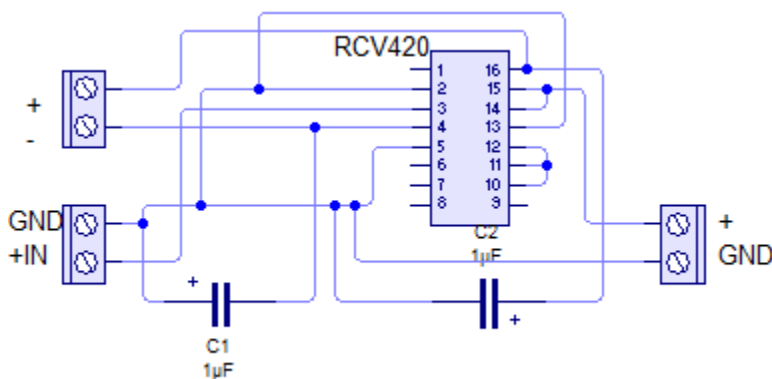


Figura 3.5 circuito hecho en Livewire del convertidor de corriente a voltaje

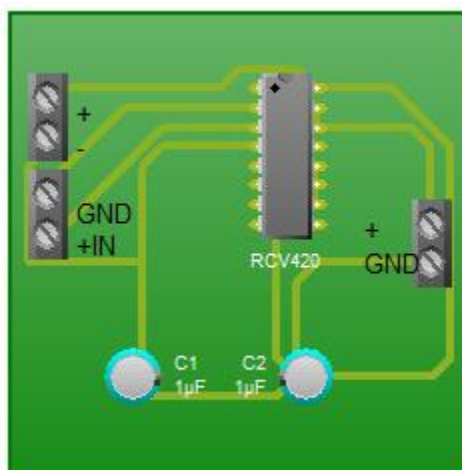


Figura 3.6 circuito pcb del convertidor de corriente a voltaje

### 3.3 PROGRAMACION Y DISEÑO DEL CIRCUITO DEL MICROCONTROLADOR PIC 18F4520

El programa se diseñó para realizar las funciones siguientes: se inicia Leer los pulsos que envía el medidor MC-308, la señal de muestreo es 4 a 20mA que convertiremos a voltaje para que entre directamente en la entrada RA0 del PIC, Guardar los datos en la memoria EEPROM 24LC64, y tener el acceso a ellos por medio de la comunicación Serial.

Para lograr estas Funciones se desarrolló el programa principal cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7 algoritmo de control

Siguiendo la secuencia que pide el algoritmo de control del sistema de adquisición de datos, realizamos la programación utilizando el compilador MIKROC PRO FOR PIC

```

//configuración del LDC
sbit LCD_RS at RD2_bit;
sbit LCD_EN at RD3_bit;
sbit LCD_D4 at RD4_bit;
sbit LCD_D5 at RD5_bit;
sbit LCD_D6 at RD6_bit;
sbit LCD_D7 at RD7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISD2_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD3_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
unsigned float valor;
char texto[9];           //Carga el valor ya convertido
char memoria[102][9];   //Almacenamiento de los Valores ya guardados
int bandera;            //Mete al Programa a un ciclo infinito
int num_muestra;       //Determina el Numero de Muestra
int i;                  //Variable de conteo para almacenar memoria
int k;                  //Variable de Conteo para enviar datos Vía RS 232
/////////////////////////////////////////////////////////////////
char txt[9];
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void main()
{
ADCON1=0b00001110; //Configuración de Registro para entradas analógicas y Referencias
TRISA=0b111111;    //Se configura como entrada analógicas
Lcd_Init();        //Inicializa LCD
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); //Apaga el cursor
Lcd_Out(1,9,"m3"); //muestra en el LCD la unidad de medida dada en m3

UART1_Init(9600);

valor=0; // Variable de almacenamiento del valor analógico convertido a voltaje
num_muestra=1; //inicia valores a 1
k=1;
i=1;
bandera=0;
delay_ms(10); //se le da un retardo de 10 ms al protocolo UART
while(1)
{
valor=ADC_Read(0)*0.00488; //valores ya convertido de 0 a 5 volts
IntToStr(num_muestra,txt); //convierte los valores enteros a String los almacena en la cadena txt
FloatToStr(valor,texto); //convierte los valores flotante a String los almacena en texto
FloatToStr(valor,memoria[i]); //convierte los valores flotante a String los almacena en Memoria
Lcd_Out(1,1,texto);
Lcd_Out(2,1,txt);
delay_ms(1000);
if(num_muestra==102)
{
while(k<=102)
{
UART1_Write_Text(memoria[k]); //llamo a imprimir muestras almacenada en memoria
delay_ms(500);
}
}
}
}

```

```

        k++;
    }
    bandera=1;
}
while(bandera==1)
{
}
valor=0.00000000;
num_muestra++;
i++;
}
}

```

Por cuestiones prácticas y para que observemos el cambio cuando lee una muestra y otra, hemos programado el PIC, para que lea una muestra cada segundo, pero se podría programar para que leyera una muestra del macromedidor cada 1 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 1 hora etc. Igualmente lo hemos programado hasta ahorita para que solo me lea 102 muestras y se envíen a la PC, a travez de la comunicación serial.

Luego de tener la programación procedimos a hacer la simulación en proteus, de lo que se pretende hacer, la simulación lo presentamos en el apartado de simulaciones figura 3.8. Al tener buenas respuestas y ver que todo estaba funcionando bien, que si se leían los datos y se guardaban en la memoria. Se realizo el rutado del circuito, sin antes hacer las pruebas en protoboard.

En la figura 20 se muestra el circuito del PIC controlador que tiene que hacer la rutina de adquirir los datos del macromedidor, guardar los datos en la memoria y mandarlos a la PC.

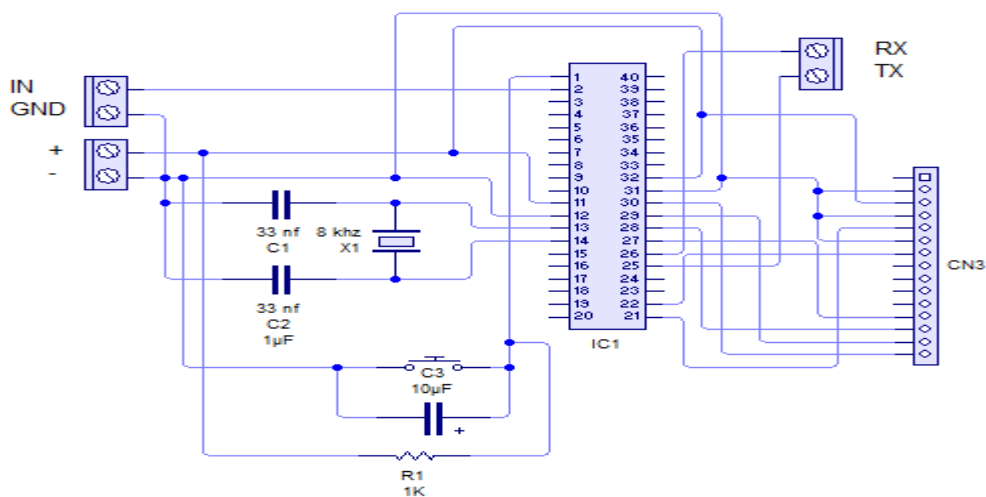


Figura 3.8 circuito del Pic controlador



Como podemos ver en la figura 3.9, presentamos el circuito del pic controlador en el cual, tenemos que en la entrada RA0 pata 2 se le aplica la señal de entrada que es la que va a estar mandando el macromedidor, sin antes pasar por el RCV420 que la corriente que entrega el sensor, la convierte en voltaje estándar de 0-5 V. la patita 25 y 26 del PIC es para la transmisión y recepción de datos.

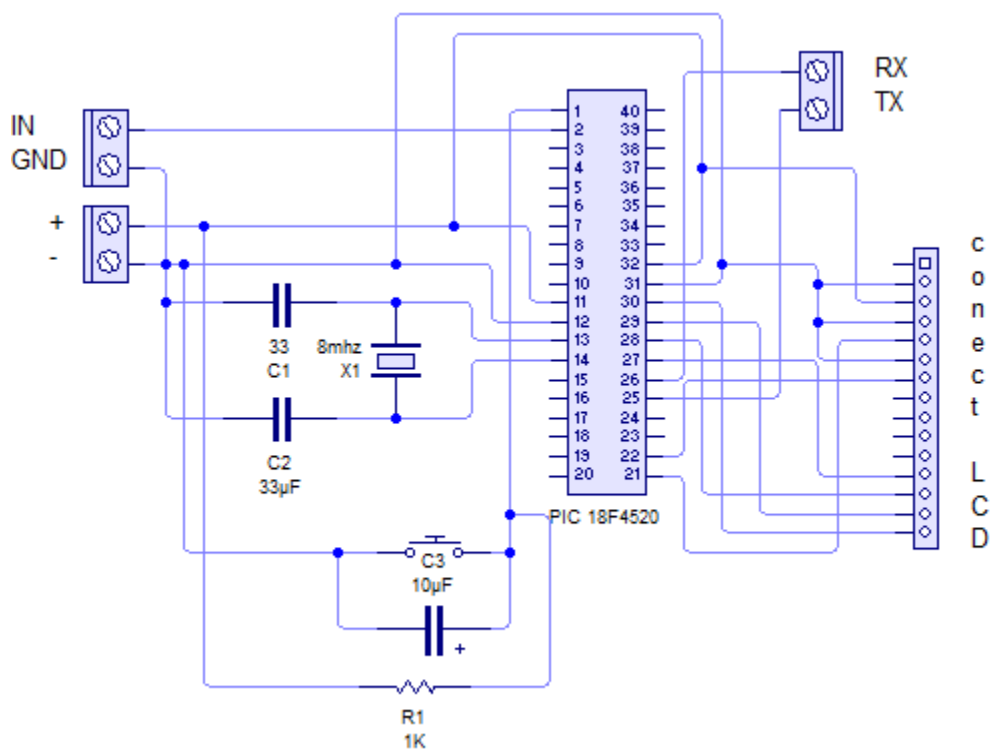


Figura 3.9 circuitos del pic que adquirir los datos

En la figura 3.10 tenemos el pcb del circuito, tal como se observara ya físicamente.

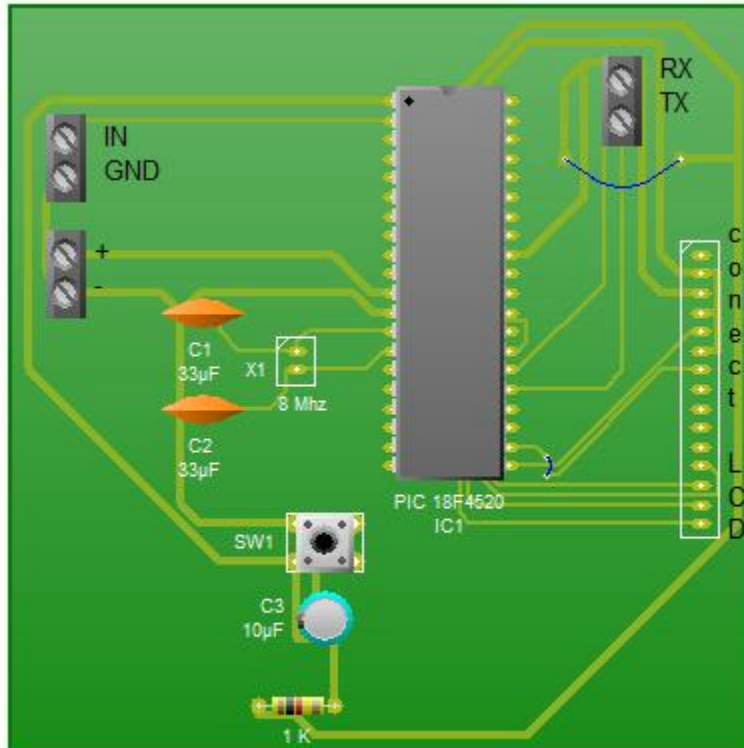


Figura 3.10 pcb del circuito que adquiere los datos

### 3.4 DISEÑO DE LA MEMORIA EEPROM 24LC64

Para guardar los datos en una memoria, de gran capacidad y luego ser descargados a la PC mediante el puerto serial. Se eligió una memoria de gran capacidad, en este caso la memoria 24LC64 que tiene 9600 localidades de memoria cada una con 8 bytes.

En nuestro caso que queremos una muestra por segundo y podemos dejarlo conectado durante 1 hora, entonces el sistema de adquisición de datos debe de poder guardar 3600 muestras ( $1 \text{ muestra/segundo} \times 1 \text{ hora} \times 3600 \text{seg/1 hora} \times \text{núm. de bytes}$ ).

En la figura 3.11 se muestra el circuito que hace posible el almacenamiento de los datos

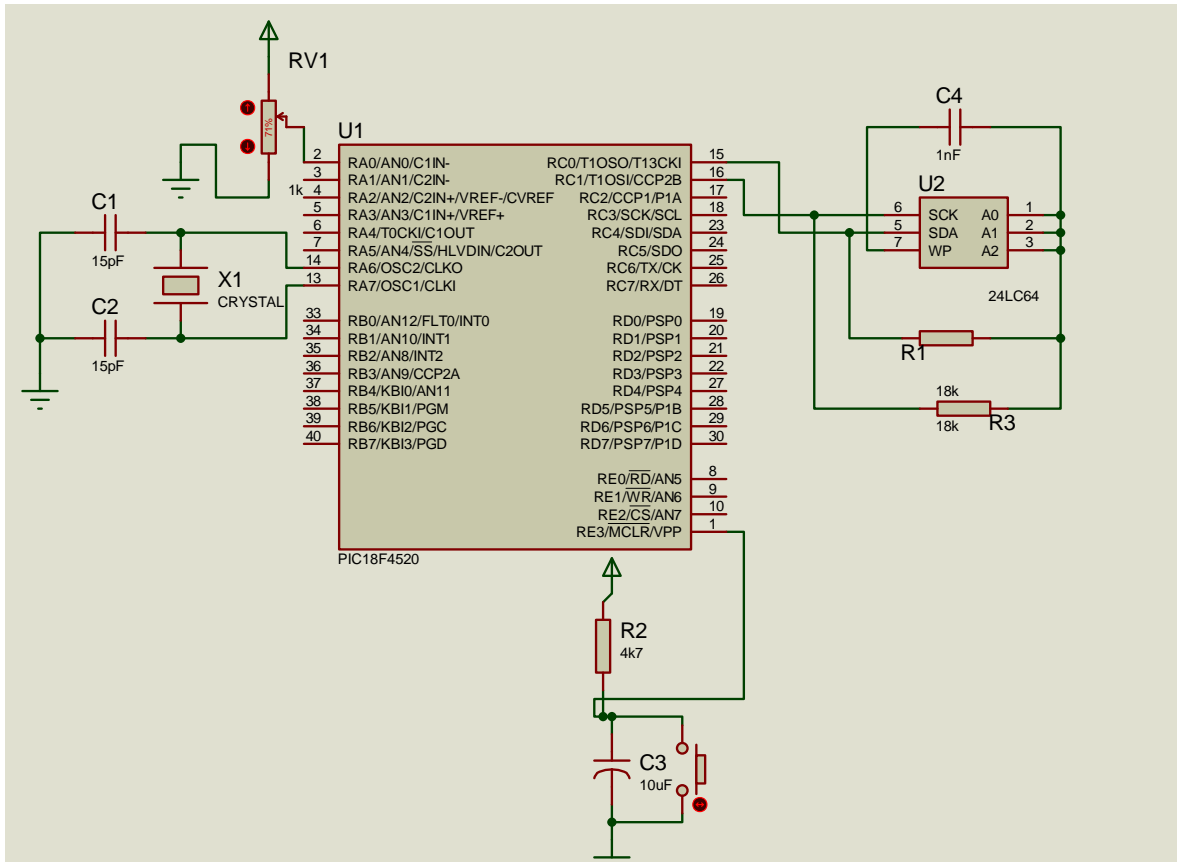


Figura 3.11 almacenamiento en la memoria EEPROM 24LC64

### 3.5 PROGRAMACION Y DISEÑO DE LA COMUNICACIÓN A UTILIZAR RS232

El diseño del circuito para la transferencia de los datos por medio del puerto serial (RS232) requirió diseñar un circuito que pueda manejar las señales eléctricas de los puertos serie.

Un 0 lógico está entre +3 y +25 V

Un 1 lógico está entre -3 y -25

La región entre -3 y +3 no está definida

El voltaje en circuito abierto no debe de exceder los 25 V en referencia a tierra.

La corriente en corto circuito no debe de exceder los 500 mA

Utilizamos un circuito que encontramos en internet, en el cual se usa el MAX232 para adaptar los voltajes requeridos. En la figura 3.12 se muestra el diagrama que implementamos

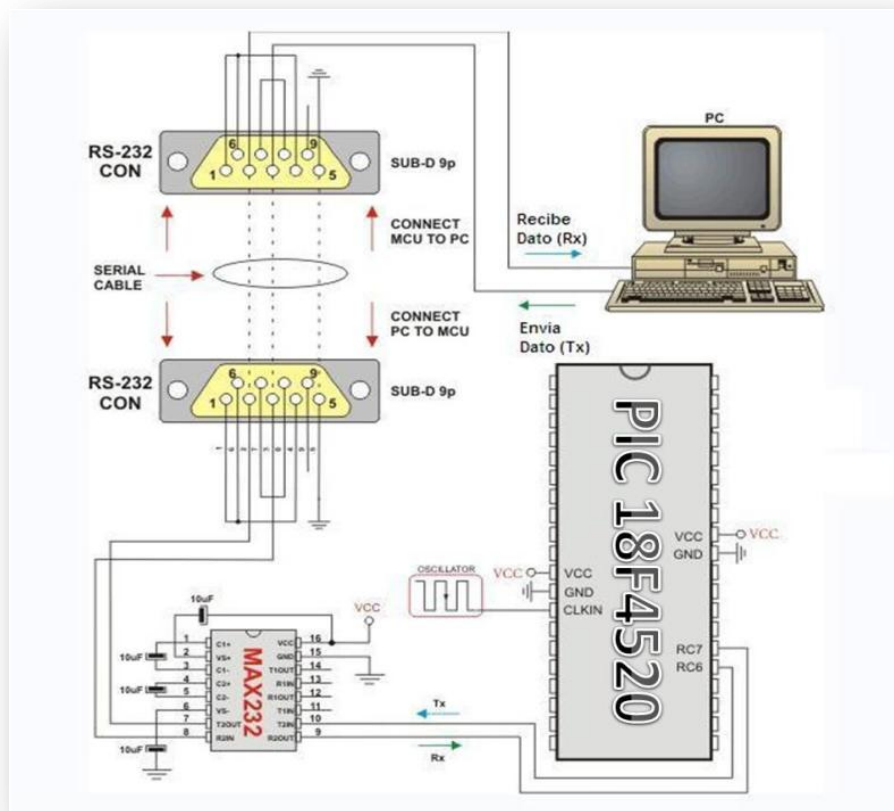


Figura 3.12 diagrama de la comunicación RS232

Para comprobar que el circuito funcionaba a la perfección, se realizó la simulación en proteus, la cual la podemos ver en la figura 3.13.

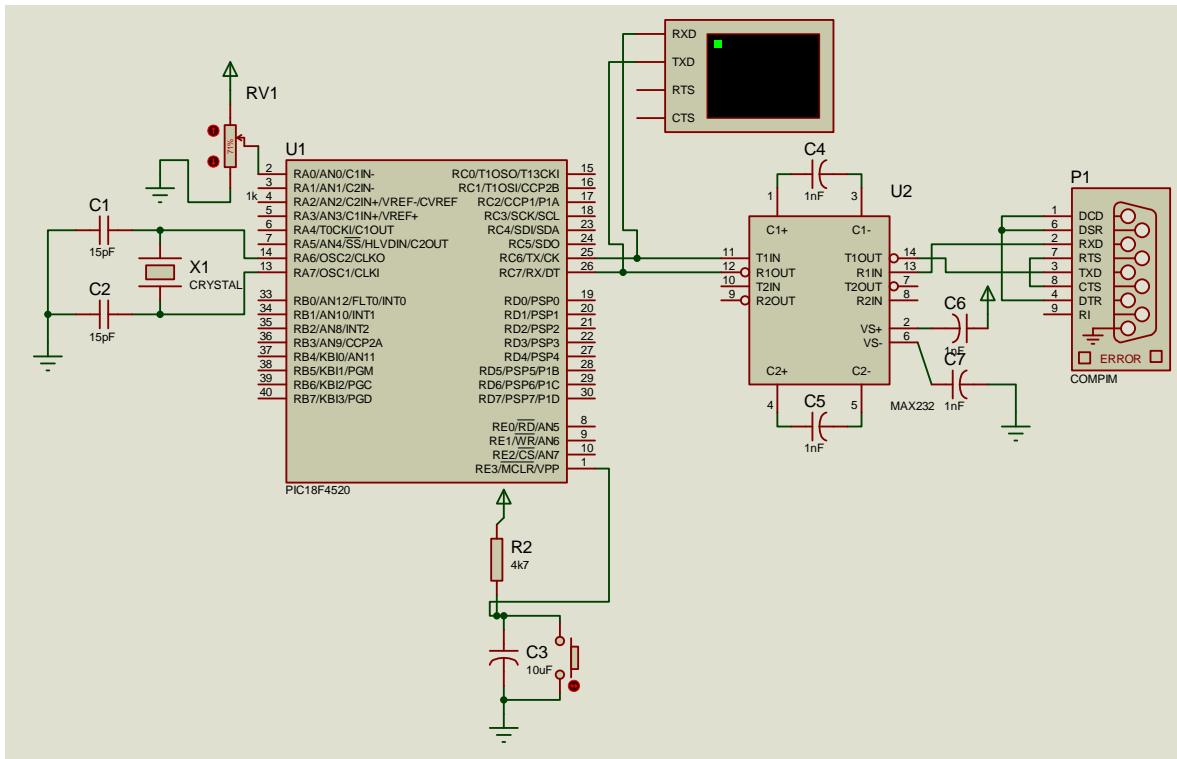


Figura 3.13 simulación de la comunicación RS232

El algoritmo que permite transferir los datos a la PC, lo vemos en la figura 3.14, en la cual para el inicio de transferencia de los datos se envía una marca a o un código que permita dar el inicio de la comunicación puede ser 1 o "\*" desde la PC.

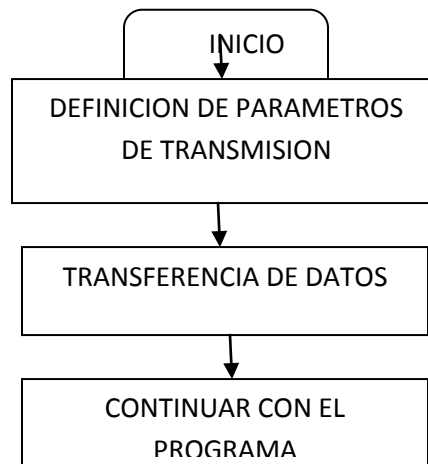


Figura 3.14 algoritmo para la transferencia de los datos

En base al algoritmo hemos realizado el código para la transferencia de los datos a la PC, el código lo realizamos en MATLAB y desde ahí vamos a observar los datos que manda la memoria.

### Programación en MATLAB Versión R2010a

```
function dato=puerto1 %%configuro funcion
Z1=zeros(100,1);
K1=[]; %%declaro un vector
K=[]; %%declaro un vector
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%configuracion del puerto serial.
s = serial('COM2'); %%creo un objeto serial COM2 llamado s
set(s,'Baudrate',9600); %%CONFIGURO LA VELOCIDAD
set(s,'StopBits',1); %%configuro el bit de parada.
set(s,'Parity','none'); %%sin bit de paridad
set(s,'Terminator','CR/LF'); %%configuro el bit de terminacion
set(s,'InputBufferSize',8); %%configuro un buffer 8 bytes
set(s,'Timeout',2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
fopen(s); %%abrir el objeto serial
while((s.BytesAvailable)==0)
end
i=1; %%inicializo variable
t=1:1:100; %%genero el vector t(x) para graficar
while(i<=100) %%inicializo el numero de muestras a recibir
K1=fread(s,8,'uchar'); %%leo el dato del puerto serial de 8bytes del
tipo uchar es decir string sin signo
dato= char(K1'); %%convierto la variable traspuesta k1 a tipo char
dato=str2num(dato) %%hago la converscion a un numero
muestra=i
Z1(i,1)=dato;
num2str(clock)
i=i+1; %%incremento variable de numero de muestras
end
plot(t,Z1,'-'); %%grafico a t vs dato
xlabel('Tiempo')
ylabel('m3')
axis([0 110 0 9]); %%configuro el inicio y fin de los ejes x y y
fclose(s);
delete(s);
clear s;
```

### 3.6 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACION

Para el diseño de la fuente de alimentación, hemos hecho el siguiente diseño. Se construyo una fuente de 5Vcd para el funcionamiento del PIC y una fuente simétrica de +-12 para alimentar la parte del acondicionador de señal, en este caso el RCV420, que necesita alimentación simétrica.

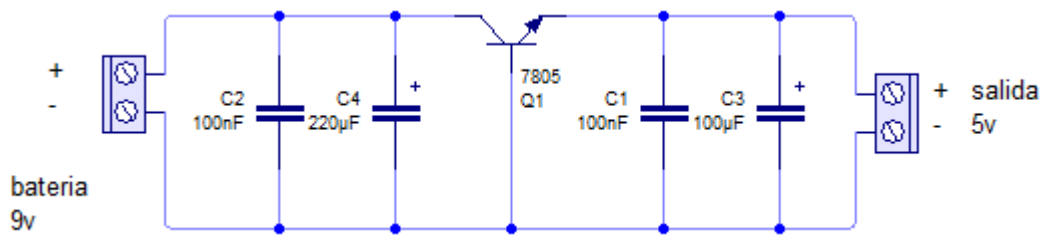


Figura 3.15 circuito de fuente de 5v

En la figura 3.15 tenemos el circuito que hizo posible alimentar el PIC, es una fuente de 5Vdc en la cual le colocamos una fuente de 9V y el 7805 convierte ese voltaje en 5Vdc.

En la figura 3.16 presentamos el pcb tal como quedo plasmado en la placa

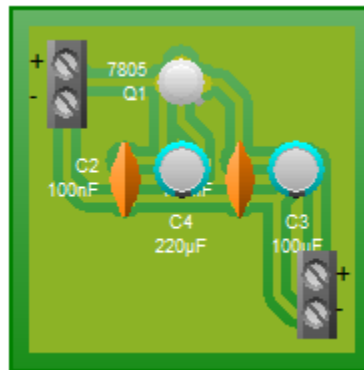


Figura 3.16 pcb de la fuente de 5v

La fuente simétrica que alimentara el circuito acondicionador de señal lo presentamos en la figura 3.17

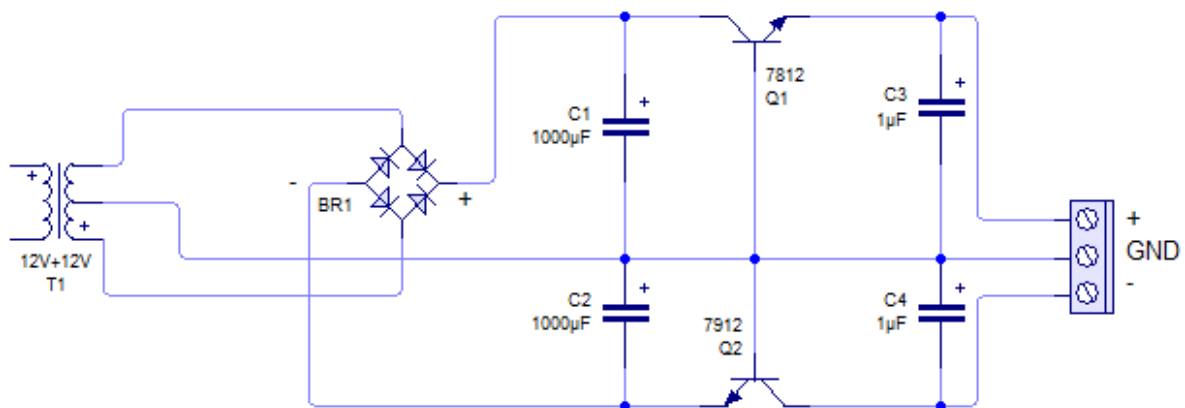


Figura 3.17 circuito de fuente simétrica de +/-12 V

El pcb correspondiente al circuito lo presentamos en la figura 3.18

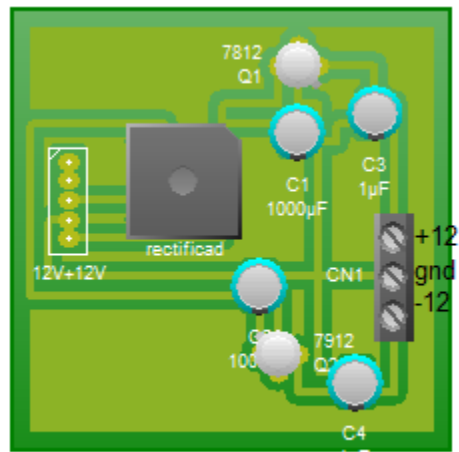


Figura 3.18 pcb de la fuente simétrica de +-12 V

### 3.7 SIMULACIONES

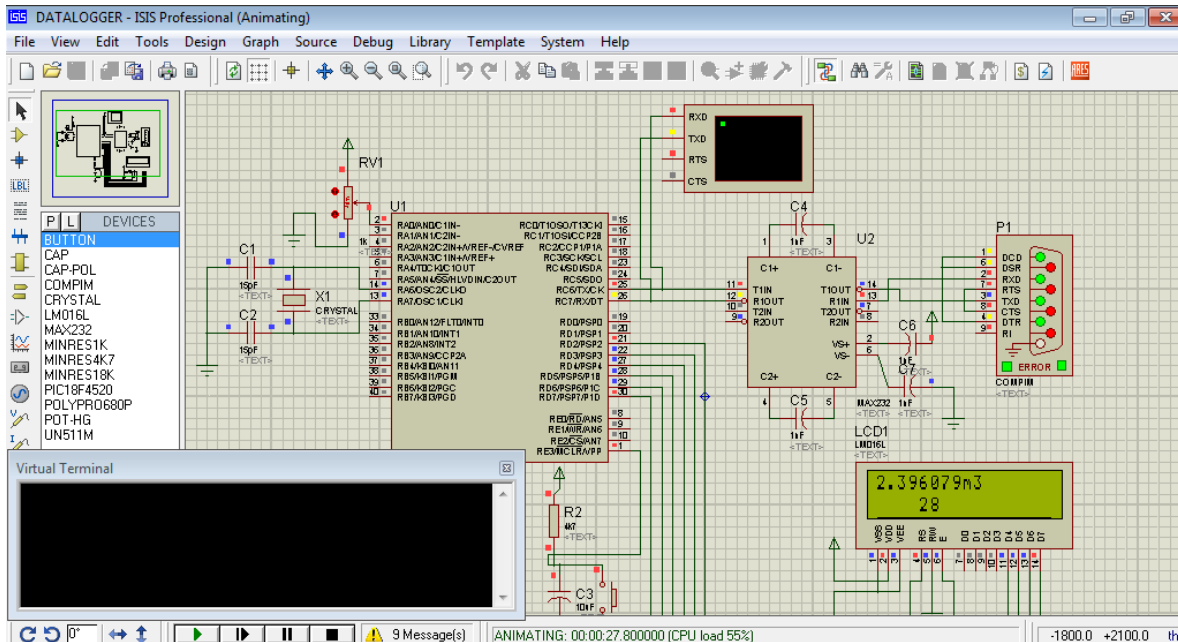


Figura 3.19 simulación del sistema leyendo 28 muestras



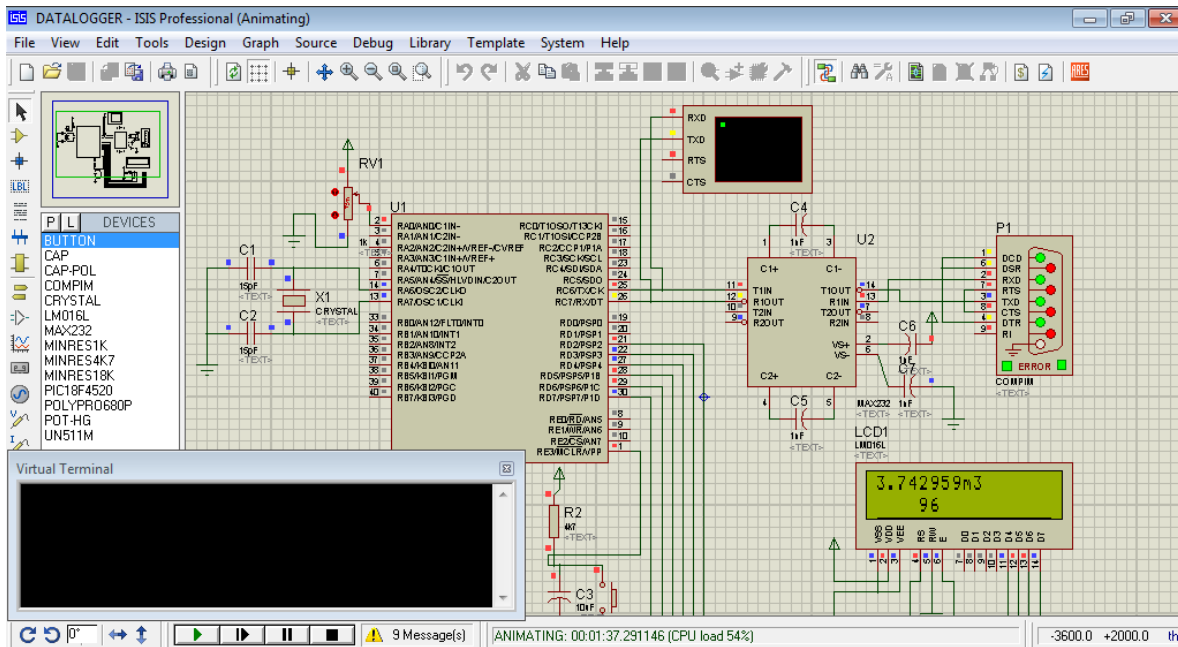


Figura 3.20 Simulación del sistema leyendo 96 muestras

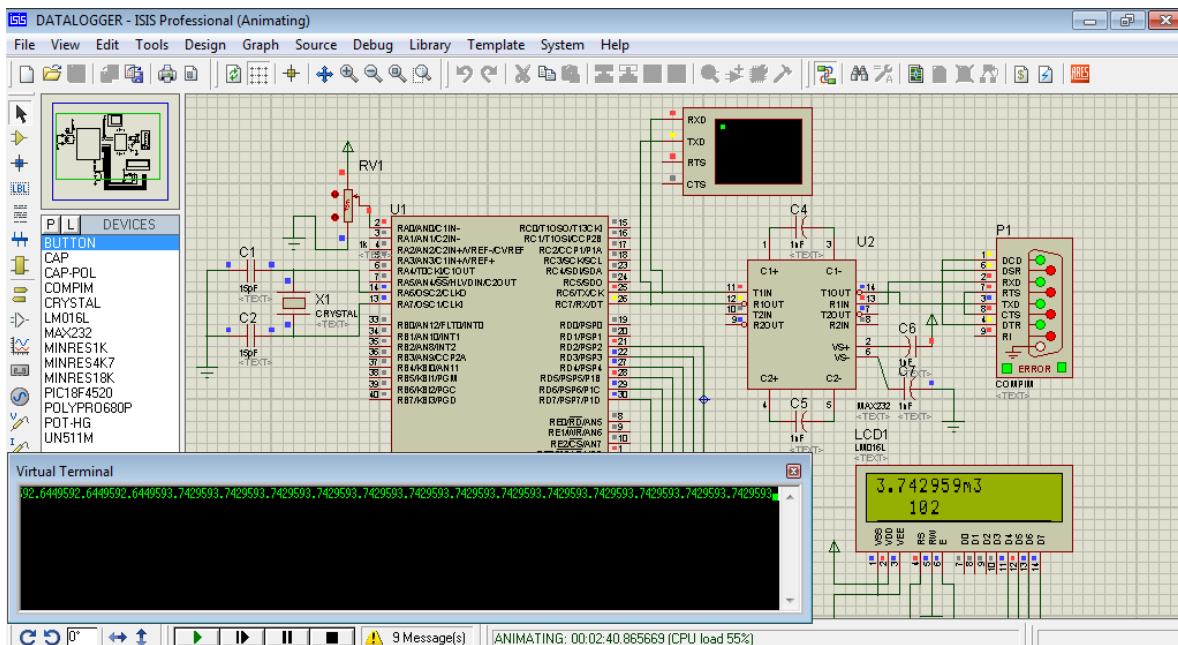


Figura 3.21 simulación terminada y guardando datos

En las figuras 3.19, 3.20 y 3.21 tenemos la simulación del sistema de adquisición de datos en, la que con un potenciómetro simulamos la corriente que nos entrega el macromedidor de SMAPA. Vemos que al llegar a las 102 muestras estas automáticamente se guardan en la memoria, para posteriormente mandarse a la PC.

## **CAPITULO IV. RESULTADOS Y PROTOTIPOS**

## 4.1 PROTOTIPOS



Figura 4.1 macromedidor (sensores)

En la figura 4.1 tenemos el macromedidor, al cual le adaptamos el sistema de adquisición de datos, este medidor esta en un registro. Lo que vemos de color blanco con cables es donde están los sensores, los cuales están checando que cantidad de agua pasa por esa tubería.



Figura 4.2 macromedidor(convertidor)

En la figura 4.2 tenemos la parte del convertidor en el cual vemos la cantidad de agua que está pasando por los sensores y el historial en m<sup>3</sup> de agua que se pasa por la tubería durante un determinado tiempo.

## 4.2 RESULTADOS

Al hacer las pruebas vemos que el convertidor muestra en el LCD, 21.5 l/s y en nuestro sistema de adquisición de datos tenemos lo que se observa en el LCD de la figura 33

En nuestro LCD no mostramos en que escala de medición esta ya que cuando fuimos a hacer las pruebas no le pusimos escala, pero, manejamos una escala de litros/segundo, ya que cada segundo se está guardando una muestra.

En el LCD de la figura 4.3 vemos que tenemos 2.1569 pero a esta cantidad aun nos faltaba hacer una corrección de recorrer el punto una posición a la derecha, quedando de la siguiente manera. El número que vemos en la parte de abajo es el número de muestras, una cada segundo.

21.5 lt/s



Figura 4.3 LCD muestreando lo que captan los sensores

En la tabla se presenta una comparativa de los datos que nos arrojaba nuestro sistema de adquisición de datos y el macromedidor, esta comparación es para ver si los datos son iguales y poder observar que el convertidor de corriente a voltaje si está mandando los datos correctamente al PIC

## Tabla de medición

proyecto	LCD del macromedidor
21.5 lt/s	21.5lt/s
21.8 lt/s	21.8 lt/s
21.9 lt/s	21.9 lt/s
21.4 lt/s	21.4 lt/s
21.2 lt/s	21.2 lt/s

Tabla 4.1 resultados

De la tabla 4.1 podemos concluir que los datos de tanto de nuestro proyecto, como del macromedidor son idénticas, por lo cual si se está almacenando los valores correctos y con esto ya tendremos guardados los datos que serán como lo dije antes 102 muestras que acepta el PIC en su memoria.

Con estas muestras podremos sumarlas y ver en si que cantidad de agua paso al acumularse 102 muestras.

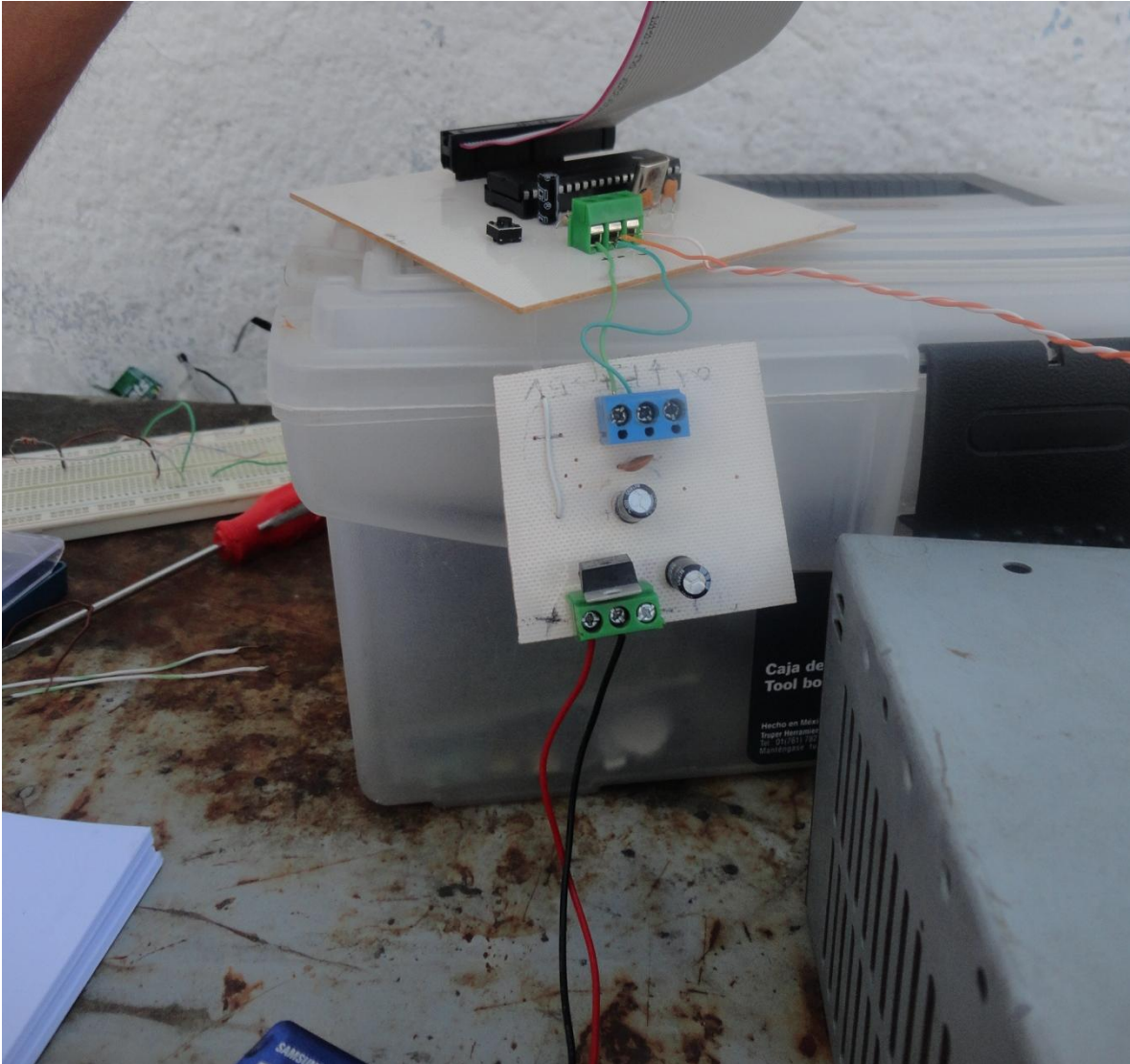


Figura 4.4 pruebas del sistema de adquisición de datos

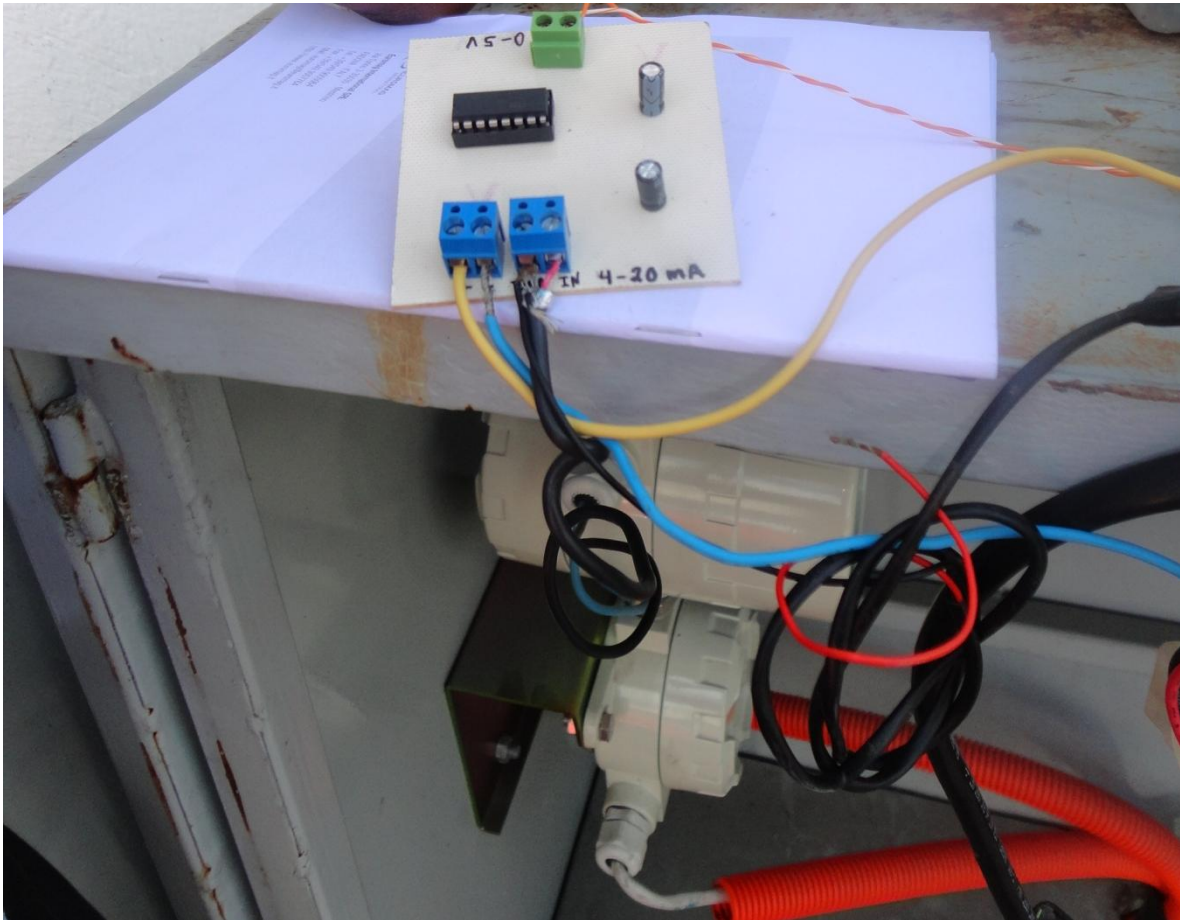


Figura 4.5 pruebas del sistema de adquisición de datos

En la figura 4.4 y 4.5 tenemos las conexiones que fuimos a hacer a SMAPA.



## CONCLUSIÓN

En este proyecto planteado es para facilitar el monitoreo de los datos obtenidos y almacenados en los macromedidores instalados en los diferentes distritos hidrométricos, surge con la necesidad de transferir dichos datos y registrarlos a un sistema en donde sea posible visualizar el comportamiento del consumo de aguas de cada distrito hidrométrico.

Se ha pretendido en este proyecto en el desarrollo de este proceso al entregarnos valores de corrientes normalizados favorecen y nos facilitan la creación de dispositivos de propósito general que es uno de los propósitos de este trabajo.

En conclusion el proyecto resulto todo un éxito ya que pudimos obtener los datos que nos arroja el LCD del macromedidor y lo pudimos comparar con nuestro propio sistema, con esto nos damos cuenta que todo salio bien y lo que se podria hacer para futuros trabajos, es hacer un sistema de adquisicion de datos que se maneje mediante comunicación XBEE O por telemetria.

Con este proyecto se beneficia por un lado, nosotros como alumnos ya que queda resuelta nuestra residencia y por otro lado SMAPA, ya que como se comento anteriormente su sistema de adquisicion de datos de fabrica presentaba varios problemas que no se podian resolver. Ya con nuestro proyecto ya solucionamos ese problema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES

- Hojas de Datos del microcontrolador PIC16F873, obtenido vía Internet.  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>
- Hojas de Datos de la memoria EEPROM serie, obtenido vía Internet.  
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21203M.pdf>
- DVGW, Überwachungs - , Mess-, Steuer - and Regeleinrichtungen in Wasserwerken, W640, 1986.
- DVGW, Automatisierung in Wasserwerken, W641, 1991.
- G.Ahumada, La Macromedición – Una necesidad, 1995.
- Ochoa Leonel, 2000, Manual didáctico de Detección de Fugas, CEMCAS
- Ochoa L., Bourguett V., Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable” IMTA, 1998, Jiutepec, Morelos, México
- AWWA, Water Audit, Manual
- Conagua, Sectorización de Redes, Gerencia de Estudios y Proyectos, 2005, México

### Páginas virtuales

<http://html.rincondelvago.com/puerto-serie-rs-232.html>

[www.comunidadelectronicos.com/proyectos/fuente4.htm](http://www.comunidadelectronicos.com/proyectos/fuente4.htm)

[www.forosdeelectronica.com/f12/construccion-lazo-corriente-6961/](http://www.forosdeelectronica.com/f12/construccion-lazo-corriente-6961/)

[www.pci-card.com/rcv420.pdf](http://www.pci-card.com/rcv420.pdf)

## ANEXOS

### I. CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL.

Un Conversor (o convertidor) analógico-digital (CAD), (ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario, Se utiliza en equipos electrónicos como ordenadores, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

La conversión analógica-digital (CAD) consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante (la digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

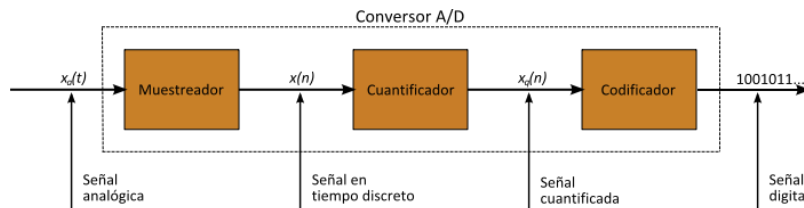


Figura 1.1 Conversor A/D

### II. MEMORIA FLASH

La memoria flash es una manera desarrollada de la memoria EEPROM que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, frente a las anteriores que sólo permite escribir o borrar una única celda cada vez. Por ello, flash permite funcionar a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura en diferentes puntos de esta memoria al mismo tiempo.

Flash, como tipo de EEPROM que es, contiene una matriz de celdas con un transistor evolucionado con dos puertas en cada intersección. Tradicionalmente sólo almacenan un bit de información. Las nuevas memorias flash, llamadas

también dispositivos de celdas multi-nivel, pueden almacenar más de un bit por celda variando el número de electrones que almacenan.

Estas memorias están basadas en el transistor FAMOS (Floating Gate Avalanche-Injection Metal Oxide Semiconductor) que es, esencialmente, un transistor NMOS con un conductor (basado en un óxido metálico) adicional localizado o entre la puerta de control (CG – Control Gate) y los terminales fuente/drenador contenidos en otra puerta (FG – Floating Gate) o alrededor de la FG conteniendo los electrones que almacenan la información.

### III. MAX232.

El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Lo interesante es que sólo necesita una alimentación de 5V, ya que genera internamente algunas tensiones que son necesarias para el estándar RS232. Otros integrados que manejan las líneas RS232 requieren dos voltajes, +12V y -12V.

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS. El circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL. Estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS. TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

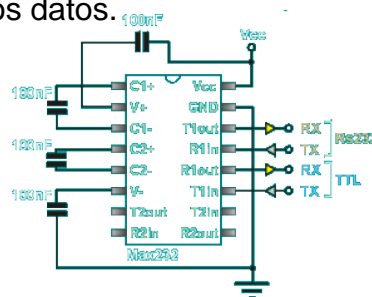


Figura 3.1 MAX 232

#### IV. RS232

RS-232 (Recommended Standard 232, también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Data Communication Equipment, Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

Conector RS-232 (DE-9 hembra).

En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE (Data Terminal Equipment) con otro DTE. Para ello se utiliza una conexión entre los dos DTE sin usar modem, por ello se llama: null modem ó modem nulo.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC).

#### V. FUNCIONAMIENTO DEL MACROMEDIDOR MC-308

El Macromedidor MC 308 puede ser montado en versión compacta ( instalado sobre los sensores Modelos MUT 1100, MUT 1000, MUT 2200 , MUT 2500) y versión separada . El cambio de una versión a otra puede ser efectuado por el usuario. Usando una caja de aluminio ( Opcional ) permite instalar el convertidor en posición vertical, independiente de la posición de montaje del sensor ( Vertical u Horizontal).



Figura 5.1

En la versión separada el MC 308 es conectado al sensor mediante un cable con conectores cuya longitud máxima depende de la conductividad del líquido. En la versión separada el MC 308 es conectado al sensor mediante un cable con conectores cuya longitud máxima depende de la conductividad del líquido.

## V.I Acoplamiento con el Sensor

El MC 308 puede acoplarse con todos los sensores EUROMAG, cuyos coeficientes KA y KB son establecidos durante la calibración en fábrica y grabados en la placa del sensor. El Macromedidor electrónico MC 308 es compatible con todos los sensores electromagnéticos manufacturados por EUROMAG.

El MC 308 está contenido en un alojamiento de ABS con protección IP 67. Puede ser entregado en versión compacta (Acoplado al sensor) o en versión separada. En la versión separada la máxima distancia entre el sensor y el convertidor, dependiendo de la conductividad del líquido, es de 100 metros. El MC 308 tiene un Display LCD y un panel frontal de programación por teclado.

Datos Técnicos:

- Proceso de Programación sencilla (Basada en MENU)
- Opción Control Batch incorporada
- Modo de operación "Bajo consumo" incorporado
- Detección de Tubería vacía por 2 modos: conductividad y óptica
- Display de 2 líneas y 16 caracteres
- Salida 4(0)-20 mA (aislada)
- 2 salidas ON/OFF (pulsos, alarma..)
- Entrada de totalizador remoto. Reset arranque/parada de batch
- Interfase RS 485 (aislada)
- Alimentación 90...264 Vac; (24 Vac/dc opcional)
- Medición de flujo en ambos sentidos
- Alarma para flujo max y min
- Conexión plug para programador TRM 100
- Multilenguaje (opcional)
- Password de usuario
- Caja y Keyboard protegidos

## V.II EL SENSOR DEL MACROMEDIDOR MC308C

El contador electromagnético está formado por:

El sensor que va instalado en la tubería conectado entre bridas, roscado.

El convertidor que puede ser reemplazado sobre el sensor (ejecución compacta) o a distancia mediante dos cables CO12 y CO13 (ejecución separada).

## V.III EL SENTIDO DEL LÍQUIDO EN EL SENSOR:

### Como interpretar la doble flecha

Si en el sensor el líquido corre en el sentido de la flecha con el, el caudal es negativo y en el display esta señala un número negativo.

Si en el sensor el líquido corre en el sentido de la flecha con el, el caudal es positivo y el display esta con un número sin signo.

Caudal inverso

Indicación negativa



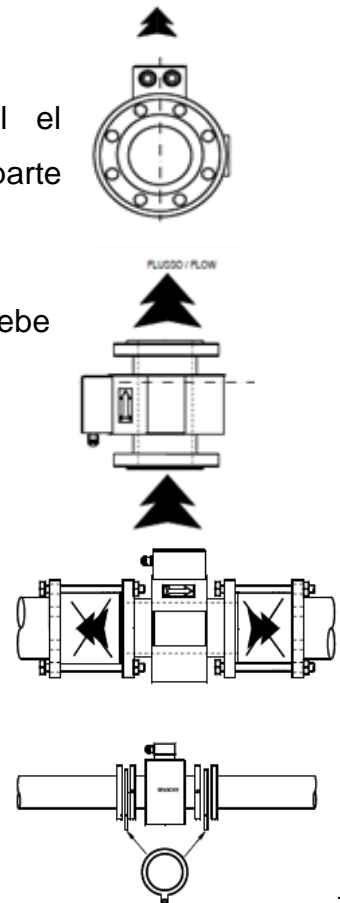
Caudal directo

Indicación sin signo.

Si el sensor va montado en tubería horizontal el convertidor o caja de derivación debe encontrarse en la parte superior.

Si el sensor va montado en tubería vertical el líquido debe circular de abajo hacia arriba.

Una vez apretado el sensor con la contra bridas de la tubería, no pretender aproximar las dos partes de la tubería tirando de los espárragos, sin haber previsto un órgano elástico de unión con la longitud adecuada, esto puede destruir el medidor y no lo cubre la garantía.



Si la tubería es de material aislante es necesario instalar entre el sensor y la tubería dos anillos metálicos de puesta a tierra.

#### V.IV CONVERTIDOR MC308

##### Conexiones eléctricas

La Figura 5.2 indica la regleta de la ficha base y la función de cada borne. Los esquemas siguientes indican cada conexión en detalle.

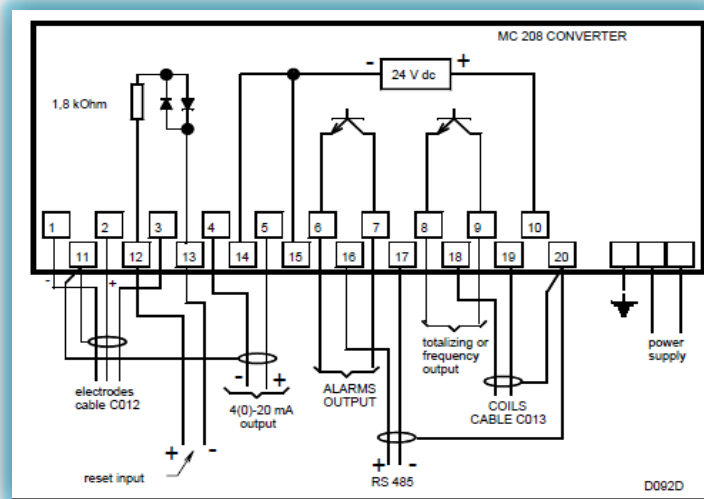


Figura.5.2

##### V.V Conexión entre el convertidor y el sensor

La conexión entre el convertido y el sensor se realiza con dos cables C012 Y C013 siguiendo detalladamente lo indicado en la Figura 5.3

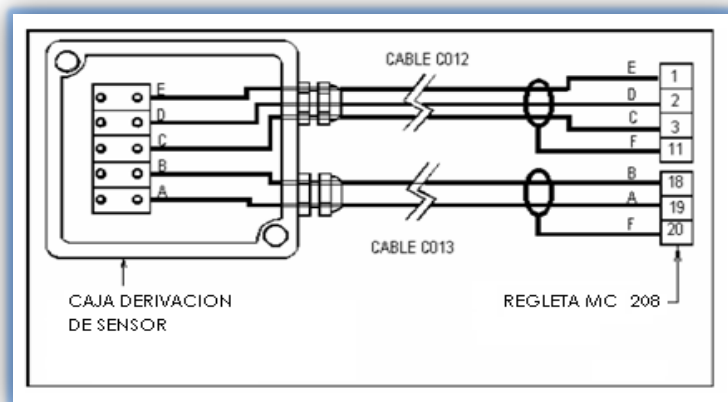


Figura.5.3